



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE POSGRADO EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACION MEDIA SUPERIOR**

**Conociendo los modelos materiales sobre enlace químico a través de
una Unidad didáctica basada en la enseñanza de los modelos y el
modelaje científico, para nivel medio superior**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA
SUPERIOR (QUÍMICA)**

PRESENTA:

MARIANA MUÑOZ GALVÁN

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ ANTONIO CHAMIZO GUERRERO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Capítulo 1

Capítulo 2

Capítulo 3

Capítulo 4

Introducción

Anexo 1

**Unidad didáctica sobre enlace químico
basada en la enseñanza de los modelos y
el modelaje científico**

Anexo 2

**Cuestionario de los modelos sobre el
enlace químico, modelos y modelaje
científico**

Anexo 3

Cuestionario de los modelos sobre el enlace químico, modelos y modelaje científico (primer versión).

Referencias bibliográficas



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE QUÍMICA
PROGRAMA DE POSGRADO EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACION MEDIA SUPERIOR**

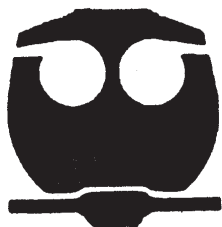
**Conociendo los modelos materiales sobre enlace químico a través de
una Unidad didáctica basada en la enseñanza de los modelos y el
modelaje científico, para nivel medio superior**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA
SUPERIOR (QUÍMICA)**

**PRESENTA:
MARIANA MUÑOZ GALVÁN**

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JOSÉ ANTONIO CHAMIZO GUERRERO**



MÉXICO, D.F.

2010

Para Sofía Jimena por su amor y paciencia

Agradecimientos

Agradezco a Ana María Muñoz, María Lina Muñoz y Teresa Galván por su amor y apoyo incansable.

Agradezco al Dr. José Antonio Chamizo por la exigencia y generosidad académica, por la paciencia, el apoyo brindado y por su amistad; a la Academia de química del CCH- Sur, en particular al Dr. Ramiro González, a la Mtra. Patricia Velázquez, a la Mtra. Nadia Méndez, a la Mtra. Blanca Centeno, al Mtro. Miguel Ángel Bolaños, al Mtro. Cesar Haro y Anita, por su compañerismo, por compartir su espacio, por las críticas constructivas a mi trabajo y por su amistad.

Agradezco a la Dra. Olivia Míreles, Dra. María del Rosario Moya, a la Mtra. Graciela Muller y al Dr. Mauricio Castro por sus orientaciones e indicaciones, siempre pertinentes sin las cuales este trabajo no hubiera sido posible; a la Mtra. Rosa María Cátala, a la Dra. Alejandra García-Franco y al Dr. Plinio Sosa y al Dr. Mauricio Beuchot por su asesoría académica, por sus aportaciones y críticas al trabajo y por su generosidad académica.

Agradezco al Instituto de Educación Media Superior del GDF, en particular a la Dirección Académica, por los permisos brindados, sin los cuales no hubiera sido posible cursar las asignaturas de la maestría; a los estudiantes y profesores del IEMS, por su apoyo y compañerismo.

Agradezco a Lisa, a Cecilia Kim, a Blanca Pineda, a Ricardo, a Esmeralda por su amistad.

Finalmente agradezco a Víctor Muñoz, Teresa Muñoz, Higinio Muñoz y Antonio Martínez, que aunque ya no están siempre me acompañan.

Índice

| | |
|---|----|
| Prefacio | 1 |
| Introducción | |
| Descripción del trabajo de investigación | |
| Planteamiento del problema | 4 |
| Objetivos | 5 |
| Capítulo 1 | |
| Marco teórico | |
| 1. La enseñanza basada en los modelos y el modelaje en ciencias naturales | 6 |
| 1.2. Modelos y Modelaje en las Ciencias Naturales | 7 |
| 1.2.1 Características de los modelos. | 8 |
| 1.2.2. Tipología de los modelos. | 9 |
| 1.2.3. Aspectos que permiten identificar a los modelos de acuerdo con la analogía | 9 |
| 1.2.3.1. Modelos mentales | 9 |
| 1.2.3.2. Modelos materiales | 9 |
| 1.2.3.3. Modelos matemáticos | 9 |
| 1.2.4. Aspectos que permiten identificar a los modelos de acuerdo al contexto | 10 |
| 1.2.4.1. Modelos Científicos | 11 |
| 1.2.4.2. Modelos Didácticos | 12 |
| 1.2.5. Clasificación de los modelos (m) de acuerdo con la porción del Mundo (M) | 14 |
| 1.2.6. Modelaje | 15 |
| 1.2.7. La enseñanza y el aprendizaje de la química a través de los modelos y el modelaje | 17 |
| 1.3. Enlace químico | |
| 1.3.1 Reseña histórica sobre enlace químico | 18 |
| 1.3.2. El termino de afinidad química | 19 |
| 1.3.3. Ideas electroquímicas sobre el modelo de enlace | 21 |
| 1.3.4. El modelo de los tipos | 22 |
| 1.3.5. Valencia | 24 |
| 1.3.6. Estructura molecular | 25 |
| 1.3.7. La naturaleza del enlace químico | 28 |
| 1.3.8. Modelo de átomo cubico de Lewis | 30 |
| 1.3.9. Kossel y su modelo electrostático sobre el enlace | 32 |
| 1.3.10. Langmuir y el modelo Lewis- Lagmuir | 33 |
| 1.4. Ideas previas | |
| 1.4.1. Ideas previas sobre enlace químico | 37 |
| Capítulo 2. | |
| Unidad didáctica sobre enlace químico basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje científico | |
| 2. Metodología de la investigación | 41 |
| Diseño de la Unidad didáctica | |
| 2.1 Recomendaciones para el diseño de la unidad didáctica | 41 |
| 2.2. Objetivos de la Unidad didáctica | 43 |
| 2.3. Estrategias de enseñanza-aprendizaje | 43 |
| 2.4. Descripción de las actividades didácticas | 44 |
| 2.5. Secuenciación de actividades | 46 |
| 2.6. Criterios para la organización y gestión en el aula | 49 |
| Aplicación de la unidad didáctica | |
| 2.7. Pruebas piloto de aplicación de la unidad didáctica | 50 |
| 2.8. Diseño experimental de la aplicación de la unidad didáctica | 51 |
| 2.9. Contexto de la aplicación de la unidad didáctica | 52 |

Capítulo 3

Resultados y análisis de resultados

Primera parte: Cuestionario de los modelos sobre el enlace químico, modelos y modelaje científico

| | |
|---|----|
| 3. Diseño del Cuestionario | 54 |
| 3.1. Métodos de validación y confiabilidad del cuestionario (pre-test y pos-test) | 54 |
| 3.1.1. Validez | 55 |
| 3.2. Confiabilidad | 56 |
| 3.3. Resultados y análisis de las pruebas de confiabilidad del cuestionario | 59 |
| 3.3.1. Aplicación del Método de Mitades Partidas | 59 |
| 3.3.2. Aplicación del Método de Coeficiente de Confiabilidad Alfa-Cronbach | 60 |
| 3.3.3. Aplicación del Método de Test- retest | 61 |

Segunda parte: Resultados y análisis de la aplicación del cuestionario de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico

| | |
|---|----|
| 3.4. Resultados de la primera aplicación del cuestionario (pre-test) | 62 |
| 3.5. Resultados de la segunda aplicación del cuestionario (post-test) | 63 |
| 3.6. Resultados y análisis de las aplicaciones del cuestionario para el grupo experimental (pre-test y pos-test) | 65 |
| 3.7. Resultados y análisis de la segunda aplicación del cuestionario (pos-test), con relación a las categorías señaladas por pregunta | 66 |
| 3.7.1. Bloque I: Preguntas relacionadas con enlace químico (1 y 7) | 67 |
| 3.7.2. Bloque II: Preguntas relacionadas con las propiedades de sustancias iónicas disueltas en agua y su estructura en estado sólido (2 y 8) | 69 |
| 3.7.3. Bloque III: Preguntas relacionadas con las propiedades de sustancias covalentes polares y no polares (3 y 9) | 71 |
| 3.7.4. Bloque IV: Preguntas sobre características del modelaje (4 y 10) | 72 |
| 3.7.5. Bloque V: Preguntas relacionadas con las propiedades físicas y químicas de sustancias iónicas y covalentes (5 y 11) | 73 |
| 3.7.6. Bloque VI: Preguntas sobre características de los modelos (6 y 12) | 74 |

Tercera parte: Resultados y análisis de la intervención didáctica

| | |
|---|-----|
| 3.8. Resultados de las secuencias sobre los modelos y el modelaje | 75 |
| 3.8.1. Secuencia 1 | 75 |
| 3.8.1.1. Análisis de resultados de la secuencia 1 | 84 |
| 3.8.2. Secuencia 2 | 84 |
| 3.8.2.1. Análisis de resultados de la secuencia 2 | 91 |
| 3.8.3. Secuencia 3 | 91 |
| 3.8.3.1. Análisis de resultados de la secuencia 3 | 99 |
| 3.8.4. Secuencia 4 | 99 |
| 3.8.4.1. Análisis de resultados de la secuencia 4 | 101 |
| 3.8.5. Secuencia 5 | 102 |
| 3.8.5.1. Análisis de resultados de la secuencia 5 | 106 |
| 3.8.6. Secuencia 6 | 106 |
| 3.8.6.1. Análisis de resultados de la secuencia 6 | 111 |

Capítulo 4

| | |
|------------------|-----|
| Logros alcanzado | 113 |
| Conclusiones | |

Recomendaciones

116

Anexo 1. Cuestionario sobre modelos de enlace químico, modelos y modelaje científico

Anexo 2. Unidad didáctica sobre enlace químico basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje científico

Anexo 3. Cuestionario primera versión

Referencias Bibliográficas

Prefacio

Lo que me motivo a realizar estudios en la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), fue que al transcurrir varios años dedicada a la docencia a nivel Medio Superior y después de obtener una plaza por tiempo indeterminado como Docente, Tutora e Investigadora (DTI), en el Instituto de Educación Media Superior del Gobierno del Distrito Federal. Tenía la sensación de que podía desarrollar y alcanzar un mayor nivel de dominio en el ámbito de enseñanza de la química, ya que sólo contaba con una formación disciplinar en química, la cual no era suficiente, debido a que ignoraba aspectos sobre didáctica y pedagogía de la disciplina, herramientas que consideraba indispensables para mejorar la planeación e impartición de clases, tutorías e investigación educativa a las que me enfrentaba día con día.

La Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), me brindo una formación disciplinar, didáctica, pedagógica, científica e humanista, que me ha permitido valorar la enseñanza de la química como una profesión digna y hacer de esta un proyecto de vida. Es así, como fui adquiriendo conciencia de que para ser mejor docente, era necesario asumir una actitud y una mirada crítica hacia las prácticas docentes cotidianas, mantener una reflexión y un registro constante de las actividades educativas, así como, planificar, diseñar, socializar, intercambiar y perfeccionar los conocimientos didácticos con el propósito de transformar los contenidos impartidos, para que los estudiantes, semestre con semestre, logren desarrollar un mayor nivel de dominio respecto a los conocimientos, habilidades y actitudes, establecidas en cada uno de los programas de las asignaturas de química que imparto.

Introducción

Respecto a la enseñanza la química, es una tarea que no resulta sencilla, debido a que los estudiantes tienen que aprender leyes, conceptos, modelos y lenguajes altamente simbólicos, así como establecer conexiones entre ellos con la finalidad de representar lo no observable, es decir, la disciplina posee un alto nivel de abstracción (Talanquer, 2009). Además que el aprendizaje de la química exige operar e interrelacionar tres niveles diferentes de pensamiento: a) el nivel macroscópico (tangible), b) el nivel microscópico (molecular, atómico y nano atómico) y c) el nivel simbólico y matemático (Johnstone, 2000).

De ahí, que considero a la enseñanza basada en los modelos y el modelaje científico posibilita la enseñanza y el aprendizaje de la química, ya que propicia el desarrollo de habilidades como la visualización de entidades o conceptos, lo cual es particularmente útil debido a que es una disciplina altamente simbólica y requiere del aprendizaje de un lenguaje específico, como lo han indicado Chamizo y Márquez (2006, p. 1253):

La química como construcción humana requiere del aprendizaje de un lenguaje específico y de una manera especial de “ver”.

Por lo tanto, los modelos son herramientas útiles e indispensables para enfrentarse a conceptos abstractos con un lenguaje altamente simbólico (Matus, Benarroch y Perales, 2008), lo cual resulta de mucha utilidad para la enseñanza de la química, debido a que el uso y la comprensión de sus modelos posibilita la adquisición de esa “manera especial de ver” que desempeña un papel importante en la comprensión de entidades no visibles. Por consiguiente, considero necesaria la reflexión y la aplicación de trabajos de investigación educativa basados en la enseñanza a través de los modelos y el modelaje de ciencias naturales, debido a que brinda coherencia entre contenidos y finalidades educativas. Por lo tanto, el uso y la elaboración de modelos es vista como una actividad que promueve oportunidades de aprendizaje, ya que está provista de un significado epistemológico y un rol pedagógico (Gail, Chittleborough y Treagust, 2009).

Es por ello que en el presente trabajo se presentan el diseño y resultados de aplicación de una unidad didáctica basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje científico para el aprendizaje de los modelos sobre enlace químico para Nivel Medio Superior. Así como, el diseño y validación de un cuestionario que fue empleado para evaluar a la unidad didáctica, es decir, su aplicación arroja resultados que posibilitaron la comparación entre el grupo experimental (en donde se realizó la intervención didáctica) y los cuatro grupos control (en donde no se realizó).

Me interese por el diseño de una unidad didáctica porque durante este proceso, se posibilita la reflexión y selección sobre lo que se va a enseñar, ya que se concretan ideas e intenciones educativas (Sanmartí, 2000). Esto impacta directamente en la práctica docente, en donde se ve reflejado el aprendizaje respecto a nuevas teorías didácticas o de la enseñanza aprendizaje, de las cuales no basta la verbalización o dominio teórico, sino es necesario ponerlas a prueba a través del diseño de unidades didácticas y la aplicación de estas en el aula, propiciando con ello la reflexión sobre tres preguntas fundamentales que dirigen la vida profesional de los docentes: ¿Para qué enseñar?, ¿Qué enseñar? y ¿Cómo enseñar? (Chamizo, 2010).

Por otra parte, lo que me motivo a elegir el contenido sobre enlace químico, es que es un concepto base para entender las diferencias en el comportamiento de las sustancias, poderlas identificar y clasificar mejor, así como para poder predecir su reactividad frente a otras especies y otros aspectos derivados, como son: estados de agregación, termoquímica, cinética y equilibrio químico también, posibilita entender y explicar la cohesión de la materia, sus propiedades, hacer predicciones al formar nuevos compuestos o materiales, permite explicar sistemáticamente lo que ocurre a nivel nanoscópico en una reacción química (Bello, 2008). Una revisión bibliográfica sobre el tema muestra que existen algunas publicaciones en donde se han estudiado a fondo las concepciones de los estudiantes sobre el enlace químico (Bello, 2008) y otras en donde se han desarrollado estrategias de enseñanza-aprendizaje (Sobes y Vilchis, 1991; Posada, 1999; Gracia-Franco y Garritz, 2006; Franco, Garritz y Chamizo, 2008). Se identifica al enlace químico como uno de los temas que requiere la incorporación de imágenes gráficas (modelos materiales bidimensionales) y que presenta más dificultades para su aprendizaje (Matus, Benarroch y Perales, 2008). Por lo tanto, se considera muy importante el desarrollo de nuevas propuestas para la enseñanza del enlace químico a nivel medio superior, ya que el tema es complejo y representa un reto para los profesores que tienen que enseñarlo a sus alumnos.

Considero que la propuesta didáctica presentada en este trabajo, es una aportación a la didáctica de la química, debido a que su aplicación brinda la posibilidad a los estudiantes de obtener una visión más amplia respecto a la función y la naturaleza de los modelos en la ciencia y en el contexto

escolar, el desarrollo de un mayor nivel de dominio sobre los modelos de enlace químico, propiedades de las sustancias y modelos y modelaje en ciencias naturales, así como, posibilita algunas habilidades y actitudes como son el trabajo en equipos, el intercambio de ideas y la argumentación.

En este sentido, puede emplearse para mejorar la enseñanza de la química y por lo tanto, contribuye a mejorar la enseñanza de las ciencias en México, lo cual se hace necesario debido a que actualmente nos encontramos inmersos en una crisis en el contexto de la educación en el ámbito de las ciencias. Esta situación se ve reflejada en los resultados obtenidos en la prueba PISA del año 2006. En donde se evaluaron conocimientos y habilidades en el ámbito de las ciencias, a un estudiante de nivel medio (15 años). Los resultados que se obtuvieron en la prueba fueron desalentadores porque México se situó en el Nivel 2, que es el mínimo deseable, según los niveles definidos en PISA.

Esto significa que los estudiantes que se ubican en él tienen un conocimiento científico adecuado para proporcionar posibles explicaciones en contextos familiares, o llegar a conclusiones basadas en investigaciones simples; su razonamiento es directo, pueden realizar interpretaciones literales de los resultados de una investigación científica o de la solución tecnológica de un problema, es decir, poseen las habilidades que se consideran “esenciales” para que se desenvuelvan con éxito en la sociedad actual, respecto a la resolución de problemas o la aplicación de ideas, conocimientos y en situaciones que se enfrenten y encuentren en su vida (PISA, 2006). Por lo tanto, un estudiante que obtenga el Nivel 2 representa el mínimo necesario para la vida en la sociedad actual y alcanzar los niveles 5 y 6 significa que un alumno está preparado para realizar actividades cognitivas complejas.

Finalmente, analizando los resultados de PISA, estos muestran que el sistema educativo mexicano debe enfrentar dos retos importantes: por una parte, México tiene una proporción elevada de alumnos por debajo del Nivel 2 (alrededor del 50%), lo que implica que muchos jóvenes no están siendo preparados para una vida fructífera en la sociedad actual. Por otra, nuestro país tiene muy pocos estudiantes en los niveles más altos (menos de 1% en los niveles 5 y 6), lo que significa que los alumnos de mejores resultados no están desarrollando las competencias que se requieren para ocupar puestos de alto nivel en los diversos ámbitos de la sociedad.

Estructura de la tesis

En el primer capítulo del texto se desarrolla el marco teórico del trabajo. En la primera parte del capítulo se revisarán los aspectos más importantes de los modelos, el modelaje y las características de la enseñanza de la química a través de los modelos y el proceso de modelaje. En la segunda parte se presentarán una reseña histórica sobre los modelos de enlace químico. Finalmente, en la tercera parte se abordarán las ideas previas asociadas a la enseñanza y aprendizaje de los modelos sobre enlace químico.

En el segundo capítulo se muestran los aspectos relacionados con la unidad didáctica, denominada *Unidad didáctica sobre enlace químico basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje científico*. Por lo que se presentarán las recomendaciones seguidas para su diseño y se describirán las condiciones de aplicación. Posteriormente en la primera parte del capítulo 3, se describirá el diseño del *Cuestionario de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico*, así como las pruebas de confiabilidad y validación a las que fue sometido. En la segunda parte del capítulo, se presentarán los resultados y el análisis de la evaluación de la unidad didáctica, es decir, la comparación entre grupos a través de la aplicación del cuestionario. En la tercera parte se exhiben

los resultados y el análisis de la intervención didáctica. Finalmente, en el capítulo cuatro se plantean las conclusiones de la propuesta didáctica.

Descripción del trabajo de investigación

Una de las finalidades de este trabajo de investigación es responder la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los conocimientos sobre el enlace químico que incrementaran estudiantes de bachillerato, al realizar las actividades propuestas en una unidad didáctica que incluye estrategias basadas en modelos y modelaje científico?

Una parte fundamental de este trabajo, fue el desarrollo de una unidad didáctica que incluye estrategias basadas en modelos y modelaje científico. Se consideró el contexto escolar de Educación Media Superior del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). También se identificaron los contenidos del programa vigente del Colegio de Ciencias y Humanidades, para la asignatura de Química 1, sobre el tema de enlace químico.

Se pensó en el desarrollo de una unidad didáctica basada en las recomendaciones de Campanario y Moya (1999), en donde el desarrollo de unidades didácticas se presenta como una de las propuestas más recientes para mejorar la enseñanza en ciencias naturales. En esta investigación también se reflexionó sobre las recomendaciones de Sánchez y Valcárcel (1993) y Neus Sanmartí (2000), para el diseño de unidades didácticas que son consideradas herramientas para: planificar los contenidos, promover una orientación inmediata del aprendizaje, ampliar la información, abordar problemáticas que inquieten al estudiante o simplemente le sean de interés. La planificación de las unidades didácticas tiene características que las hacen diferentes respecto a las actividades de enseñanza tradicional, debido a que su diseño presenta flexibilidad respecto: a las estrategias de enseñanza-aprendizaje (lecturas dirigidas, lluvia de ideas, experiencias de cátedra, videos, debates, etc.), a la organización de los estudiantes (individual o grupal), a los espacios donde se imparte la clase (salón, laboratorio, explanada etc.), a los diversos métodos y medios para el aprendizaje.

Posteriormente se elaboró y validó un cuestionario sobre enlace químico, modelos y modelaje. Después se realizó la aplicación del cuestionario a un grupo experimental (en donde se llevó a cabo la unidad didáctica) y a cuatro grupos control (en los que no se aplicó la unidad didáctica), para la evaluación de la secuencia didáctica. Luego se realizó la aplicación de las actividades de la unidad didáctica con estudiantes de bachillerato en condiciones normales de aula. Finalmente se compararon y analizaron los resultados.

Planteamiento del problema

La enseñanza de la química basada en los modelos y el modelaje, se emplea en el presente trabajo para identificar cuáles son las habilidades y conocimientos sobre enlace químico, que adquieren y desarrollan estudiantes de bachillerato, al realizar las actividades propuestas en una unidad didáctica, en donde los alumnos construyen y reformulan modelos materiales bidimensionales y tridimensionales sobre enlace químico. Cabe señalar que la enseñanza basada en los modelos y el modelaje posibilita que los estudiantes sean capaces de identificar y reflexionar sobre el papel de

estos en la indagación de los mismos, lo que genera que elaboren, expresen y prueben sus propios modelos (Justi y Van Driel, 2006).

Objetivos

- 1) Diseñar una unidad didáctica por parte del docente, empleando estrategias de enseñanza-aprendizaje basadas en los modelos y el modelaje científico, abordando el estudio de los modelos sobre enlace químico.
- 2) Diseñar y validar un cuestionario sobre modelos de enlace químico, modelos y modelaje científico.
- 3) Instrumentar y poner en práctica la unidad didáctica en condiciones normales de aula, dentro del contexto del primer curso de química en el Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Sur, esta propuesta busca que los estudiantes:
 - 3.1) Adquieran una percepción clara sobre los modelos de enlace iónico y covalente, a partir de la observación, análisis y modelaje de algunas propiedades de las sustancias, que les permite generar un aprendizaje mayor nivel de dominio y una opinión crítica respecto a los fenómenos estudiados.
 - 3.2) Desarrollen la capacidad de construir modelos materiales de sustancias iónicas y covalentes (bidimensionales y tridimensionales) que se ajusten a la evidencia experimental, logrando con ello explicar las propiedades, la estructura y el enlace químico de las sustancias analizadas.
 - 3.3) Desarrollen la capacidad de socializar y comparar los modelos materiales de sustancias iónicas y covalentes en relación con los modelos realizados por otros alumnos del mismo grupo.
 - 3.4) Adquieran la capacidad de contrastar modelos materiales sobre el enlace químico contra los modelos científicamente aceptados.
 - 3.5) Adquieran un mayor nivel de dominio sobre modelos de enlace químico y propiedades de las sustancias iónicas y covalentes semejantes a los de sus compañeros de otros grupos de química I del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur.

Marco teórico

1. La enseñanza basada en los modelos y el modelaje para las ciencias naturales

En el ámbito de la enseñanza de la ciencia se considera que las estrategias basadas en posturas positivistas y luego aplicadas en las aulas no han sido exitosas, ya que han generado dificultades respecto al proceso de aprendizaje (Chamizo, 2010). Esta imagen positivista de la ciencia sigue vigente y como lo han señalado Pozo y Gómez-Crespo (2004, p. 24), desde esta visión la ciencia se describe como:

Un proceso de descubrimiento de leyes cuidadosamente enterradas bajo la apariencia de la realidad, sigue aún en buena medida vigente en los medios de comunicación e incluso en las aulas. De hecho, todavía se sigue enseñando que el conocimiento científico se basa en la aplicación rigurosa del “método científico” que debe comenzar por la observación de los hechos de la cual deben extraerse las leyes o los principios.

Es decir, muchos profesores piensan que el conocimiento científico se genera a través del descubrimiento de leyes basadas en la realidad, por lo tanto, las teorías científicas se enseñan como saberes absolutos. En el ámbito de la enseñanza de la química, todavía se plantean métodos de enseñanza que fomentan el aprendizaje memorístico (repetición de contenidos enciclopédicos), resolución excesiva de ejercicios, planteamiento de problemas no apegados a la realidad o poco problemáticos, y prácticas de laboratorio inadecuadas. En este sentido, la enseñanza de la disciplina se limita a la transmisión de una serie de conocimientos desfasados y muchas veces obsoletos, en donde el papel del alumno es solamente acumularlos. También se fomenta la enseñanza de los conceptos, por un lado, y las habilidades referentes a las metodologías del trabajo experimental por otro, es decir, se enseñan de manera desvinculada (Izquierdo, 2003; Hodson, 2004).

Otras dificultades que se presentan en los procesos de aprendizaje de la ciencia, son: la estructura lógica de los contenidos conceptuales, el nivel de exigencia formal de los mismos y la influencia de los conocimientos previos de los alumnos (Pozo y Gómez-Crespo, 2004). En el contexto nacional, también se identifica la enseñanza fundamentada en posturas positivistas como la analogía del estudiante centrado en el método experimental, al respecto Chamizo y Márquez (2006, p. 1242) comentan lo siguiente:

La analogía del estudiante como científico centrada en el método experimental como un proceso de justificación del conocimiento ha sido considerada apropiada por más de un siglo, pero hoy es insuficiente. La presente reflexión entre los expertos acerca de la ciencia y la educación en ciencias desde la perspectiva de la nueva historia y filosofía de la ciencia y de las ciencias cognitivas cuestiona severamente esta analogía y sugiere nuevos campos de investigación en la enseñanza de las ciencias. Hoy contamos con un nuevo paradigma acerca de la ciencia que puede ser útil para la enseñanza de la ciencia, en el que se establece una conexión gradual entre los modelos teóricos propios de la ciencia y las representaciones mentales que los estudiantes tienen sobre los fenómenos naturales.

Por todo lo descrito anteriormente, se hace necesario asumir nuevos campos de investigación para la enseñanza de la ciencia, en donde se describa a la ciencia como una actividad que se basa

fundamentalmente en la transformación representacional y material del mundo, como lo han indicado Chamizo y García-Franco (2009, p. 9):

- Representacional porque es una forma de mirar el mundo, forma en la que se prefieren las preguntas a las respuestas, de manera que la mejor respuesta es aquella que nos lleva a otra pregunta.
- Representacional porque lo que conocemos del mundo son los modelos que se construyen del mismo con la intención de explicarlo y de hacer predicciones sobre su comportamiento.
- Representacional porque a lo largo de la historia de la humanidad y la de las propias personas, lo que va cambiando es la manera en la cual creamos representaciones del mundo.
- Representacional porque a su alrededor se construye un lenguaje, un lenguaje particular, que en el caso de la física y de la química es extraordinariamente importante y que es, a su vez, una de sus principales características.
- Material porque aborda el estudio de la materia, viva o inerte.
- Material porque a través de la ciencia (y de manera más explícita de la tecnología que se relaciona estrechamente con ella) los seres humanos hemos creado un hábitat sintético.

Es decir, se habla de la ciencia como un proceso en donde se construyen modelos con el objetivo de representar al mundo, como la indicada por Pozo y Gómez-Crespo (2004, p.24):

No es un discurso sobre “lo real” sino más bien un proceso socialmente definido de elaboración de modelos para interpretar la realidad. Las teorías científicas no son saberes absolutos o positivos, sino aproximaciones relativas, construcciones sociales que lejos de “descubrir” la estructura del mundo, o de la naturaleza, la construyen o la modelan.

Por lo tanto, el aprendizaje de la ciencia implica la comparación y diferenciación de modelos, contrario a lo que se pensaba sobre la adquisición de saberes absolutos o verdaderos (Pozo y Gómez-Crespo, 2004). Por lo que se piensa que la reestructuración y consideración de sus modelos (como representaciones), es una de las mejores propuestas para mejorar la enseñanza de la ciencia (Gilbert y Boulter, 2000; Galagovsky y Adúriz- Bravo, 2001; Justi, 2006; Chamizo, 2010).

Es así como surge la enseñanza de la ciencia basada en los modelos y el modelaje, que se concibe como una herramienta muy útil para formular preguntas, dar explicaciones, generar discusiones, realizar predicciones, promover representaciones visuales de conceptos abstractos, generar modelos mentales (Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2003) y modelos materiales (Chamizo, 2010). Esta propuesta también promueve que los estudiantes desarrollen una comprensión sobre los contenidos más coherente y flexible, que les permite generar una opinión crítica respecto a los fenómenos estudiados, así como vivenciar el conocimiento científico (Justi, 2006).

Por todo lo anteriormente descrito el tema *Modelos y modelaje en las ciencias naturales* es fundamental para comprender la propuesta didáctica, por lo que a continuación se desarrollará con mayor detalle, posteriormente hablaremos sobre los modelos de enlace químico mostrando una reseña histórica de los mismos y finalmente se presentarán las ideas previas que poseen los estudiantes sobre los modelos de enlace químico.

1.2. Modelos y Modelaje en las Ciencias Naturales

En el ámbito de la enseñanza de la ciencia los docentes frecuentemente hablan de modelos para explicar los fenómenos que estudian o las teorías científicas que enseñan, pero pocas veces se detienen a pensar sobre su naturaleza, es por ello que en la primera parte del marco teórico se describirán los aspectos más importantes, en concordancia con una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. Posteriormente se identificarán algunos aspectos del proceso de modelaje y finalmente se analizarán algunos trabajos de investigación publicados sobre la enseñanza de la química basada en los modelos y modelaje.

1.2.1. Características de los modelos

El término modelo tiene numerosos significados en el lenguaje común, es decir, es una palabra polisémica. La noción de modelo desde el punto de vista epistemológico ha sido empleada también en varios sentidos, ya que se utilizan a los modelos para cumplir diferentes funciones como *representante de* ó como un instrumento para explicar algún fenómeno (es decir, posee carácter explicativo).

Considerando la información anterior, la definición sobre modelo que se seguirá en este trabajo es, de acuerdo con Chamizo (2010, p. 27), la siguiente:

Los modelos (**m**) son representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo (**M**), con un objetivo específico.

Las representaciones son de “algo” (idea, objeto, hecho, fenómeno o sistema) y de alguien (construcción humana), ya sea una persona o un grupo, que las identifica como tal; el modelo como representación perderá ciertos rasgos de su referente, ya que centra su atención en aspectos específicos del mismo, por lo que generalmente es una representación simplificada (Raviolo, 2009).

En este sentido, un modelo es una herramienta muy útil para responder preguntas, ya que adquiere información del mundo, a través de las analogías, que están constituidas por aquellos rasgos o propiedades que sabemos similares entre el modelo y el Mundo. Por lo tanto, la noción del modelo como representación no se usa solamente en aquellos casos en las que existe un tipo de exhibición de aspectos visuales de la entidad modelada, sino también como una representación parcial que al mismo tiempo “abstrae de” y “traduce de otra forma” la naturaleza de esa entidad, siendo ésta un concepto o un conjunto de relaciones.

Por lo tanto, las funciones de los modelos son: entender, describir, explicar y predecir un fenómeno a partir de otro en principio más accesible y conocido que el primero, que se emplean para estudiar de forma contextualizada (remite a un tiempo y lugar históricamente definido), una cierta porción del mundo con una finalidad, que puede ser conocer, investigar, comunicar y enseñar (Raviolo, 2009).

1.2.2. Tipología de los modelos

La tipología de los modelos que se seguirá en el presente trabajo, está basada en la tipología propuesta en el artículo denominado *Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias* (Chamizo, 2010), a continuación se precisarán tres aspectos de los modelos que permiten identificarlos claramente:

- De acuerdo con la analogía, los modelos (**m**) pueden ser mentales, materiales o matemáticos.
- De acuerdo a su contexto pueden ser a su vez didácticos o científicos, dependiendo de la comunidad que los justifique y el uso que se les dé. Aquí es muy importante el momento histórico en el que los modelos son construidos.
- La porción del mundo (**M**) que se va a modelar puede ser un objeto, un fenómeno o un sistema integrantes del mismo.

En la figura 1, se muestra la relación de los modelos de acuerdo a la porción del mundo, la analogía y contexto.

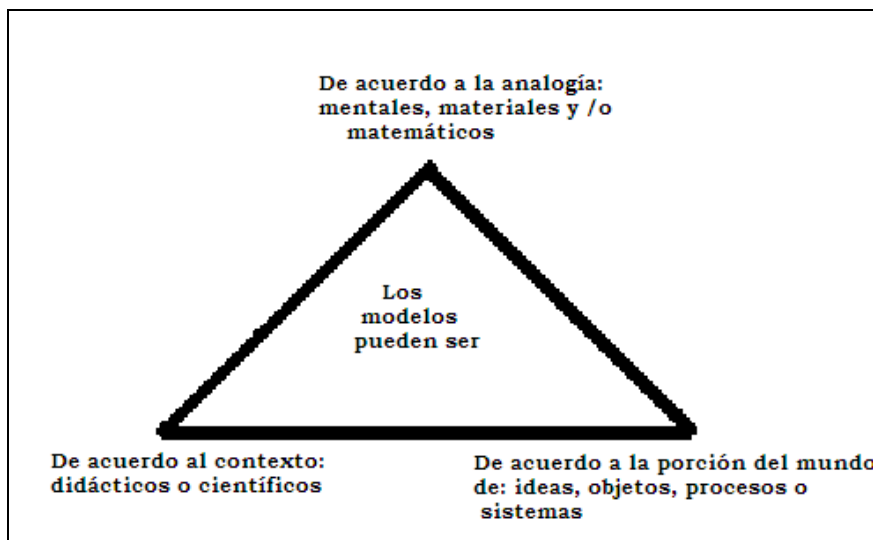


Figura 1. Tipos de modelos.

Los modelos se basan en analogías y esto permite acceder y obtener información sobre las entidades estudiadas, sobre todo de aquellas que no pueden ser observados o medidas directamente (átomo, moléculas, estrella); esta relación permite al investigador elaborar hipótesis sobre las mismas (Raviolo, 2009). Por lo tanto, es necesario analizar a las analogías más a fondo, a continuación se describirán los aspectos que permiten identificar a los modelos de acuerdo con la analogía.

1.2.3. Aspectos que permiten identificar a los modelos de acuerdo con la analogía

El modelo como representación siempre está relacionado con el objeto a través de la analogía (Chamizo, 2010). Es por ello que se dice que los modelos se basan en analogías, éstas tienen que ver con las propiedades del objeto, el sistema y el proceso que se desea modelar, así como también

con sus rasgos esenciales: los de mayor interés o los que se consideren pertinentes de incorporar al modelo. Por ello, los modelos son siempre semejantes pero no iguales a la entidad que representa. Estas similitudes permiten formular hipótesis y predicciones e incluso someterlos a prueba. Un ejemplo en este sentido es cuando tomamos un sistema, como el paso de un fluido por un canal, y lo empleamos como modelo para explicar el tráfico. Los resultados de estas pruebas nos dan información sobre el tráfico.

Por lo tanto, la analogía es la que determina el camino a seguir (las particularidades de los modelos) con relación a la entidad a modelar (porción del mundo). A continuación se describirán los aspectos de acuerdo con la analogía que permiten identificar a los modelos en: mentales, materiales y matemáticos.

1.2.3.1. Modelos mentales

Son representaciones internas, personales y básicamente funcionales y se emplean como herramientas de carácter explicativo y predictivo en relación con situaciones y acontecimientos del mundo (Greca y Moreira, 2006). Se consideran incompletos, imprecisos e inestables, ya que son sometidos a procesos de revisión constante que los modifican cuando se olvidan detalles, se descartan (Chamizo, 2010) o se modifican cuando nuevos elementos son incorporados.

En el proceso de aprendizaje son considerados como representaciones mentales sobre una situación real, hipotética e imaginaria; estos se generan en una etapa inicial del aprendizaje, en donde la comprensión es baja (Treagust, Chittleborough y Gail, 2009).

1.2.3.2. Modelos materiales

Los modelos materiales son considerados como simulacros de objetos reales que conservan las proporciones relativas del original: maquetas de edificios, aviones para prueba, túneles de viento, entre otros (Palma, 2008). Justi, (2006), indica que “el significado más popular de la palabra modelo «es una representación concreta de alguna cosa”.

1.2.3.3. Modelos matemáticos

Los modelos matemáticos generalmente son algunas ecuaciones o leyes expresadas a través de algún lenguaje (matemático, signos, diagramas, graficas u objetos tridimensionales) construidas para describir la porción del mundo que se está modelando (Chamizo, 2010). En las ciencias se hacen “aplicaciones” de un “sistema de objetos” (entes matemáticos) sobre un cierto número de “sistemas o modelos matemáticos”. También se concibe como un sustituto de teoría o de formulación matemática, que posee las siguientes características: se considera el campo original “proyectado” sobre el abstracto dominio de “funciones y teorías matemáticas”, que permiten simplificar y abstraer el modelo con respecto del original. Los pasos a seguir cuando se aplica un modelo matemático son los siguientes:

- ❖ Se identifican el número de variables, basándose en el sentido común y en consideraciones teóricas.
- ❖ Se formulan hipótesis empíricas relacionadas con las variables elegidas.
- ❖ Se introducen simplificaciones con el objeto de facilitar la formulación y manipulación matemática.
- ❖ Se intentan resolver las ecuaciones resultantes y en caso de que no sea posible se estudian los rasgos globales de los sistemas matemáticos construidos.
- ❖ Se intentan extrapolar las consecuencias de la contrastación en relación al campo original.
- ❖ Se eliminan algunas restricciones impuestas en beneficio de presentar con sencillez sus componentes (Black, 1969).

En la actualidad, la aplicación de modelos matemáticos para analizar sistemas de gran complejidad, requiere de extensiones continuas de herramientas matemáticas usadas en el modelo, un ejemplo es cuando los datos son suministrados a simuladores computacionales que requieren el uso de conocimientos matemáticos aplicados (Pérez, 2008).

1.2.4. Aspectos que permiten identificar a los modelos de acuerdo al contexto

Los modelos de la ciencia son constructos culturales que la comunidad científica ha ideado para dar sentido a los fenómenos de la naturaleza (García y Sanmartí, 2006) Por lo tanto, es importante diferenciar dos contextos respecto al uso y elaboración de modelos: el de la investigación científica en donde se generan modelos científicos y el de la ciencia escolar en donde se generan modelos didácticos. A continuación se describirán sus características.

1.2.4.1. Características de los modelos científicos

Los modelos científicos son construidos por la comunidad científica que posee instrumentos para representar fragmentos de la realidad (porción del mundo), que le interesa estudiar, por lo que surgen en un contexto histórico determinado. Se consideran modelos científicos vigentes los aceptados, verificados y consensuados por la comunidad científica (Raviolo, 2009).

Los modelos científicos transforman al mundo, ya que como representaciones abstractas y simplificadas explican fenómenos y predicen hechos naturales cuando aportan nuevos datos. Cabe mencionar que no todas las representaciones se pueden considerar modelos científicos, sino sólo las representaciones especializadas que integran aspectos de los mecanismos y de las causas que permiten ilustrar, explicar o predecir un fenómeno.

A partir de un mismo hecho se pueden generar modelos diversos en función de las diversas maneras de mirarlo (analizarlo), por lo tanto los modelos científicos pueden ser modificados. Los científicos poseen diferentes visiones y las adoptan al elaborar y usar modelos. De acuerdo con el matemático español, Sixto Ríos, hay tres posturas que los científicos pueden adoptar al emplear y elaborar modelos: la pragmática, la realista y la idealista, al respecto Ríos (1995, p. 42) expresa lo siguiente:

El enfoque idealista considera la modelización como un proceso mental, cuya índole inductiva no precisan, y que les conduce a la estructura matemática que representa la realidad, llegando algunos a decir: «si los hechos no se ajustan a la teoría, tanto peor para aquéllos». Para los pragmáticos todo es cuestión de ajustar curvas a los datos de la realidad, mediante la teoría. Parece que la más razonable es la llamada postura realista intermedia entre ambas en el sentido de utilizar los ajustes a los datos como metodología inicial, no terminando aquí sino tratando de llegar a un modelo explicativo de la realidad, modelo que siempre se considera provisional, pues nuevos datos pueden inducir a modificaciones posteriormente.

En un enfoque realista intermedio, los modelos pueden brindar diversas explicaciones respecto a la porción del mundo estudiada, por lo tanto, no se pueden asumir como realidades, ya que estas explicaciones son provisionales debido a que dependen de cómo se interpreten los datos. Por lo que, los modelos se encuentran inmersos en un proceso de regulación en donde interviene el contexto, al respecto Izquierdo, Sanmartí y Espinet, (1999 p. 48), comentan lo siguiente:

Así, si cualquier actividad racional requiere una meta y un método, pero ambos dependen de los valores y posibilidades técnicas del contexto, cuando esta actividad se aplica a conocer la realidad generará experimentos y producirá resultados que son dependientes, en parte, de los valores que impregnan la meta y el método, y no sólo de «cómo es el mundo».

Por lo tanto, el contexto es un factor determinante para que los modelos científicos evolucionen, ya que esto depende de nuevos instrumentos, nuevas maneras de mirar los datos, nuevos modelos y los valores de la comunidad científica que los verifique, los acepte y consensue.

1.2.4.2. Modelos didácticos

En la actualidad se considera que aprender ciencias naturales en la escuela, requiere una reconstrucción de los contenidos científicos por medio de una imagen didáctica adecuada (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Es aquí donde la transposición didáctica adquiere importancia, ya que es concebida como la reelaboración del conocimiento científico de forma que sea accesible para el alumnado. Es decir, para poder ser empleados en el aula, los conceptos y modelos teóricos de la ciencia deben ser reconstruidos, distinguiéndose así “la ciencia de la comunidad científica” de “la ciencia escolar”, subrayando que la ciencia escolar no es una mera reducción o simplificación de la ciencia de la comunidad científica, sino una reconstrucción que debe cumplir la condición de seleccionar los aspectos fundamentales de cada modelo o teoría. Al mismo tiempo, estos aspectos deben ser relevantes y útiles para los alumnos en la elaboración de explicaciones significativas acerca de los fenómenos naturales (Sanmartí e Izquierdo, 1997).

De hecho, se puede afirmar que la ciencia escolar emplea modelos propios que son transposiciones didácticas de los modelos de las distintas teorías científicas. Por ejemplo, las leyes de Boyle no fueron escritas por Boyle, sino por alguien que planteó cómo enseñar sus descubrimientos a otros, mediante una transposición didáctica y generó una ciencia de Boyle escolar, construyendo un modelo nuevo, relacionado con el científico, que incluye conceptos, lenguajes, analogías e incluso experimentos distintos (Sanmartí, 2000).

Por otra parte, se han identificado en un contexto de ciencia escolar, modelos didácticos que pueden ser de dos naturalezas (Chamizo, 2010):

- Los modelos didácticos que corresponde a la enseñanza son los presentados por los expertos en el entorno escolar (profesores o investigadores educativos). Ejemplos de estos son: las ilustraciones realizadas por los docentes y las que se muestran en los libros de texto (modelos materiales bidimensionales) y los modelos moleculares de varillas y esferas (modelos materiales tridimensionales).
- Los modelos didácticos que corresponden al aprendizaje, son los elaborados por los aprendices (estudiantes). Ejemplos de estos son: dibujos realizados por los alumnos (modelos materiales bidimensionales), maquetas y los modelos a escala (modelos materiales tridimensionales).

Por lo tanto, los modelos didácticos son interpretados por dos grupos diferentes, como lo ha indicado Chamizo (2010, p.32), en la siguiente tabla:

Tabla 1. Diferencias de cómo son entendidos los modelos por los aprendices (que no sólo son los alumnos, en este grupo también se encuentran visitantes de museos y consumidores en general) y los expertos.

| Aprendices | Expertos |
|--|--|
| Los modelos son materiales. | Los modelos son mentales, materiales y matemáticos. |
| Ayudan a conocer y a comunicarse con el mundo real. | Los modelos ayudan a entender o a pensar sobre una porción contextualizada del mundo. |
| Modelos diferentes del mismo objeto, sistema, fenómeno o proceso muestran diferentes aspectos del objeto, sistema, o proceso real. | Diferentes modelos de diferentes objetos, sistemas o procesos pueden construirse para diferentes propósitos. |
| Los modelos pueden cambiar si son equivocados o se encuentra nueva información. | Los modelos son reemplazados por otros más adecuados con los propósitos establecidos. |

Por otra parte, una dificultad que surge al emplear modelos didácticos es que en algunas ocasiones se emplean modelos didácticos sobre-simplificados, que provienen del modelo científico descontextualizado históricamente, esto se observa sobre todo en los libros de texto, en donde los modelos alternativos son también presentados como modelos compatibles (ya que no se habla de su evolución conceptual) y son mostrados como verdades imperecederas (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). Por lo tanto, para realizar de forma exitosa el proceso de transposición y simplificación didáctica, al emplear un modelo didáctico, se requiere un conocimiento profundo sobre el tema y sobre su evolución histórica y conceptual.

Un ejemplo de modelo didáctico reportado en la literatura es el denominado Modelo Didáctico Analógico (MDA), este modelo permite conocer el tema que se quiere enseñar, a través de la abstracción de sus conceptos nucleares y las relaciones funcionales entre dichos conceptos. Tiene el propósito de traducir el tema a una situación, lo más inteligible posible para los alumnos, por lo que puede provenir de la vida cotidiana, de la ciencia ficción o del sentido común (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

1.2.5. Clasificación de los modelos (m) de acuerdo con la porción del Mundo (M)

Los modelos son de “algo”; ideas (libertad y paz), objetos (un avión o una mesa), hechos y fenómenos (lluvia ácida y calentamiento global) y sistemas (de transporte o cómputo) que se encuentra en el Mundo, pero el Mundo real es muy complejo (Chamizo, 2010). Con relación al enfoque realista, está la frase expresada por Giere, (1999, p.64), sobre los modelos, en donde los describe como:

Objetos abstractos cuyo comportamiento se ajusta exactamente a las definiciones, pero cuya relación con el mundo real es compleja. El ajuste modelo-realidad no es global, sino sólo relativo a aquellos aspectos del mundo que los modelos intentan capturar.

Por lo que un modelo representa sólo una porción del mundo, por lo tanto, el modelo no es la realidad sino una representación de ésta y se considera provisional porque pueden ser modificados.

En el contexto de la ciencia escolar, desde el punto de vista de las ciencias cognitivas, se destaca - como en toda actividad cognitiva- que para hacer ciencia es necesario actuar con una meta propia (que en este caso es interpretar el mundo, darle significado para intervenir en él), utilizando la capacidad humana de representar mentalmente lo que se está haciendo y de emitir juicios (Sanmartí e Izquierdo, 1997). Es decir, los alumnos conseguirán interpretar, a través de sus modelos, los hechos del mundo que hayan podido ser discutidos y construidos en el marco de los modelos teóricos previstos en el currículo y en las actividades realizadas, o sea, se adquirirá el conocimiento, a partir de la manipulación y la construcción de modelos adecuados (tablas, gráficos, símbolos), (Izquierdo, Sanmartí, y Espinet, 1999). Esta manipulación y construcción de modelos es definida por otros autores como proceso de modelaje (Justi, 2006; Chamizo, 2010), por lo que a continuación se describirán sus características.

1.2.6. Modelaje

El modelaje es la construcción y reformulación de modelos. Es un proceso dinámico en donde se interpreta, se relaciona e integra información del mundo real para llegar a la elaboración inicial de modelos mentales, que serán reformulados y expresados a través de modelos materiales. Cuando el modelo no encaja con los datos empíricos puede ser ampliado y corregido (Chamizo, 2010).

En un contexto de enseñanza de la ciencia basada en la elaboración de modelos, se han identificado etapas y sub-etapas que están presentes en el proceso de modelaje, como ha indicado Justi, (2006), en la tabla 3, en donde se identifican cuatro etapas dentro del proceso de modelaje: La primera es definir los objetivos, la segunda es elegir la representación más adecuada para el modelo, la tercera es la comprobación del modelo propuesto y la cuarta es la socialización del mismo.

Tabla 2. Etapas y sub-etapas de la enseñanza a través de modelos y modelaje en ciencias naturales.

| ETAPAS | SUB-ETAPAS | PROCESOS |
|------------|--|---|
| ETAPA 1 | Tener experiencia con el objetivo a modelar: Se buscan observaciones iniciales (directas o indirectas, cualitativas o cuantitativas) acerca de la entidad que está siendo modelada. | Estas experiencias pueden existir en forma de observaciones empíricas o de informaciones previamente existentes (en la estructura cognitiva del propio individuo o en fuentes externas) acerca de la entidad modelada y del contexto en el cual está inmersa. |
| | Seleccionar el origen del modelo: La selección de los aspectos de la realidad que se usarán para describir el «objeto» a modelar. | Estos aspectos de la realidad pueden ser situaciones con las que parece posible establecer una analogía o bien recursos matemáticos para la situación en cuestión. |
| | Elaboración de un modelo mental inicial | La creatividad y el razonamiento crítico del individuo conducen a la elaboración de un modelo mental inicial. |
| ETAPA 2 | Ciclo para elegir la representación más adecuada para el modelo | Se puede expresar de diferentes formas: material o matemático. |
| ETAPA 3 | Comprobación del modelo propuesto | Tales comprobaciones pueden ser de dos naturalezas: (a) mediante experimentos mentales, (b) mediante la planificación y realización de comprobaciones experimentales. |
| | Fallas del modelo propuesto | Si el modelo falla en relación con las previsiones que sirven de apoyo a las comprobaciones, se deberá intentar hacer modificaciones en el mismo para que pueda reincorporarse al proceso. |
| | Rechazo del modelo propuesto | Esto conllevará una reconsideración radical de los elementos de la Etapa 1 (elaboración del modelo), pero se añade el conocimiento adquirido hasta el momento, que pasa a formar parte de las experiencias anteriores del individuo. |
| ETAPA 4 | El modelo cumple con el propósito para el que ha sido elaborado: Cuando un modelo tiene éxito en la Etapa 3. | El individuo que lo ha elaborado está entonces convencido de su validez y su siguiente tarea consistirá en convencer a otros individuos de lo mismo. |

Las etapas anteriormente descritas se pueden observar en la figura 2.

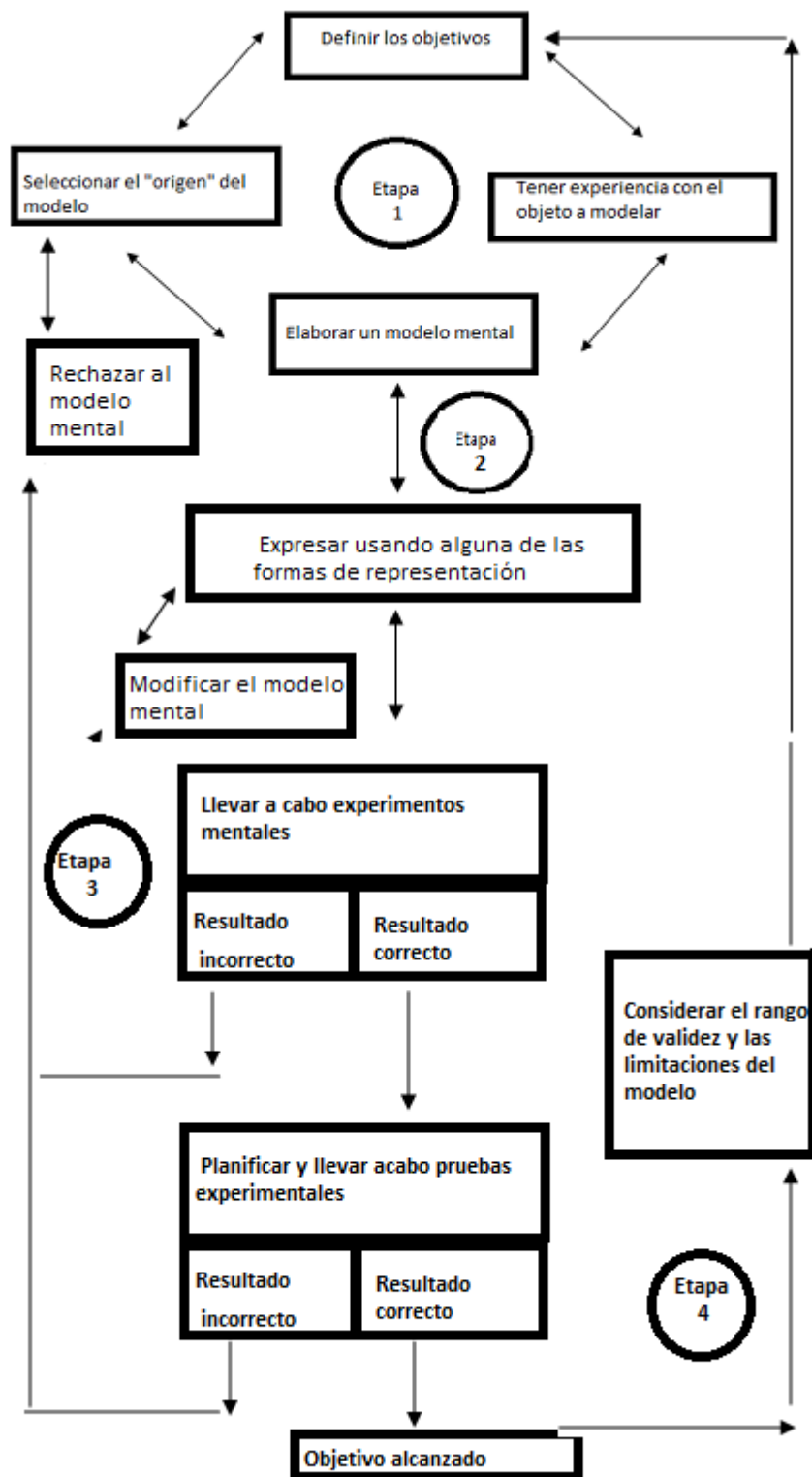


Figura 2. Etapas de la enseñanza a través de los modelos y modelaje en ciencias. Imagen tomada de Justi, (2006, p. 177).

1.2.7. La enseñanza y el aprendizaje de la química a través de los modelos y el modelaje

Como ya sabemos, la enseñanza y el aprendizaje de la química, no resultan sencillos, ya que los alumnos tienen que aprender leyes, conceptos, lenguajes altamente simbólicos y modelos, así como establecer conexiones entre ellos con la finalidad de representar lo no observable, es decir, posee un alto nivel de abstracción, como lo ha descrito Talanquer (2009, p. 224):

Los químicos se enorgullecen de su ciencia por su eminente carácter experimental, lo que la hace tener los pies bien puestos sobre la tierra, pero la disciplina es también una de las ciencias más abstractas, pues las explicaciones y las predicciones de los químicos se basan en la manipulación mental de entidades inapreciables, como átomos y moléculas que la convierten en una soñadora con la cabeza frecuentemente en las nubes.

La construcción de los modelos sub-microscópicos de la materia y sus transformaciones han permitido el desarrollo de la disciplina y le han dado la capacidad de transformar al mundo. Los químicos emplean estos modelos para crear nuevas sustancias, predecir ó controlar los productos de una reacción química y para dar sentido a los problemas que enfrentan (Talanquer, 2009). Por otra parte, los modelos teóricos de la química, ayudan a interpretar los fenómenos químicos, posibilitan la predicción del comportamiento de sistemas químicos bajo condiciones específicas impuestas por el entorno circundante, ayudando así a establecer correlaciones adecuadas entre conjuntos bien definidos de datos experimentales y cálculos teóricos (Guevara y Valdez, 2004).

Referente al trabajo experimental, los hechos de la química son también muy complejos, ya que cada vez que se estudia un fenómeno químico, sea de forma primordialmente teórica o experimental (ya que no es posible establecer una partición tajante entre estos dos modos de análisis) (Garritz, 1997), inevitablemente se debe recurrir a alguna aproximación modelada; por lo tanto, las limitaciones de nuestros sentidos no nos permite visualizar directamente los fenómenos y resultados emergentes de los experimentos. Y así, uno imagina de algún modo cómo suceden las cosas y esto equivale a decir que se ha establecido un modelo (Van Driel, 1999).

En el contexto de la ciencia escolar, también son muy importantes los modelos, como lo ha citado Chamizo (2010, p.36):

Para la enseñanza y el aprendizaje efectivo de las ciencias se debe realizar en el salón de clases y en los laboratorios escolares (Chamizo y García, 2009) lo que hacen los científicos, que en el caso de la química es modelar la estructura de la materia posible (Erduran, 2004).

Desde este punto de vista, la enseñanza basada en los modelos y el modelaje, posibilita el uso de las metodologías propias de la química, ya que integra el trabajo experimental en la construcción de modelos, facilitando así la comprensión de las propiedades de las sustancias o hechos químicos, de los cuales se obtiene el conocimiento químico.

Por otra parte, se han publicado estrategias en donde se proponen actividades basadas en el uso y en la elaboración de modelos (también identificada por otros autores como modelización) para la enseñanza de la química. Izquierdo, Sanmartí y Estaña, (2007), consideran la elaboración de modelos como un proceso en donde los 'hechos' desconectados llegan a constituirse en una trama

de relaciones con sentido, a partir de la cual se identifican 'reglas' que guían las acciones, las ideas y los lenguajes con los cuales se interviene de manera coherente en los fenómenos. Debido a esta trama de relaciones, los conceptos químicos tienen un significado práctico y axiológico que deben ser tomados en cuenta para llevar a cabo una actividad química genuina en la escuela. Los aspectos importantes para la planificación de una estrategia basada en el uso y elaboración de modelos son:

- ❖ Referente a los objetivos de aprendizaje: los fenómenos del mundo, se plantean con el objetivo de mostrar cómo es la intervención química en el mundo y cómo ésta se orienta y avanza gracias a determinadas ideas/entidades que van evolucionando y, algunas veces, concretándose con detalle.
- ❖ Estos fenómenos deben ser relevantes socialmente y significativos para los alumnos. Su interpretación se realiza a partir de las reglas básicas de la química y de las propiedades de las sustancias.
- ❖ Se plantean preguntas sobre los fenómenos, para llegar a comprender cómo funcionan mediante las ideas y conceptos de la química.

En este proceso, también se generan aspectos de metacognición en los alumnos, ya que son conscientes de que han aprendido, identifican sus dudas, dificultades de aprendizaje y se les permite superarlas. Por lo tanto, la actividad científica en la escuela es más compleja, porque tiene dos dimensiones principales que se han de atender simultáneamente:

- ✓ la intervención en los fenómenos que van a ser científicos, porque genera las preguntas que se van a poder responder mediante los modelos científicos que el profesor va a introducir.
- ✓ el desarrollo personal del alumno y la superación de sus problemas de aprendizaje.

Finalmente, la enseñanza de la química basada en los modelos y el modelaje, se logra gracias a una intervención planificada y diferente de la habitual, en donde los alumnos elaboran una explicación científica del mundo, que incluye la reflexión, el discurso y la valoración de lo que se aprende, permitiendo así recuperar el significado práctico y axiológico de los conceptos químicos (Izquierdo, Sanmartí y Estaña, 2007).

1.3 Enlace químico

1.3.1. Reseña histórica sobre enlace químico

En la Antigüedad el concepto de enlace químico aparece al mismo tiempo que la noción de átomo, de forma empírica surgen explicaciones como la de Demócrito que concebía a los átomos como ganchos que podían unirse. Por lo que, desde el momento que se admitió la existencia de partículas elementales, una de las explicaciones sobre enlace giro en torno a una fuerza capaz de unirlos (Livage, 1981). Es así como surgen las primeras especulaciones respecto a la naturaleza del enlace, que suponía que ciertos tipos de entes estaban unidos entre sí por la afinidad química.

1.3.2. El término de afinidad química

El término afinidad se refiere a la causa de la interacción entre los materiales, cuando se supone que ésta se genera en los cuerpos, corresponde a una visión antropomórfica de la naturaleza propia del Renacimiento, según la cual los cuerpos se unen entre ellos o bien se rechazan, debido a “simpatías” o “enemistades”, está fundamentada en una visión mágica del mundo más antigua según la cual existen relaciones complejas entre todos los entes.

Newton (1642 -1727), en su *Óptica* sugiere que todos los cuerpos están formados por partículas iguales y que existen fuerzas de atracción entre estas partículas diminutas que son análogas a fuerzas gravitatorias (Estany e Izquierdo, 1990), con lo anterior se establece uno de los primeros modelos sobre enlace químico, en el cual se propone a la fuerza de gravedad como la principal responsable del enlace (Chamizo, 1992). Este modelo prevalecerá hasta finales del siglo XVIII, como se describe a continuación.

Stahl (1660 - 1734) utiliza la idea de afinidad distanciado de las teorías renacentistas ya que añade una regla heurística que fue de gran importancia para el análisis químico: lo semejante se une a lo semejante, por tanto, las relaciones entre los cuerpos permiten analizarlos.

Greoffroy (1672 -1731) compuso una de las primeras tablas de afinidad, que se basaban en la siguiente ley: Si dos “sustancias” que tienen alguna tendencia a combinarse están unidas entre sí en un mixto, y se añade una tercera que tenga más afinidad por alguna de las dos, se unirá a ella y la separará de la otra (figura 1). Este tipo de tablas resultaron ser muy útiles para brindar información basada en la experimentación, sobre los cambios producidos por la interacción de cuerpos analizados. Otros químicos que elaboraron tablas de afinidad fueron Grosse (1730), Gellert (1750), Limburt (1758), Bergman (1775) y Wenzel (1777).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ☉ | ☽ | ☾ | ♂ | ♁ | ♁ | ♁ | SM | ♁ | ♀ | ♁ | ♀ | ☾ | ♂ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ |
| ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ |
| ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ |
| ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ |
| SM | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ |
| ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ |
| ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ |
| ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ |
| ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ | ♁ |

♁ Esprits acides. ♁ Terre absorbante. ♁ Cuiivre. ♁ Soufre mineral. [Principe. ♁ Acide du sel marin. SM Substances metalliques. ♁ Fer. ♁ Principe huileux ou Soufre ♁ Acide nitreux. ♁ Mercure. ♁ Plomb. ♁ Esprit de vinaigre. ♁ Acide vitriolique. ♁ Regule d'Antimoine. ♁ Etain. ♁ Eau. ♁ Sel alcali fixe. ♁ Or. ♁ Zinc. ♁ Sel. ♁ Sel alcali volatil. ♁ Argent. ♁ Pierre Calaminaire. ♁ Esprit de vin et Esprits ar.

Figura 3. Tabla de Afinidades de Geoffroy (1718): en la cabecera de cada columna está una sustancia con la que todas las sustancias abajo se pueden combinar, donde cada columna está organizada por grados de "afinidad".

Berthollet (1748 -1822), relaciona la influencia de las condiciones experimentales (propiedades de las sustancias como cohesividad y elasticidad) con la afinidad. Intenta medir las fuerzas de afinidad considerando la masa de las sustancias que interaccionan, formulando así dos leyes referentes a la acción química de las sustancias. La primera ley considera que si una sustancia A tiene afinidad por otras dos, B y C, siempre que B o C reaccionen con un compuesto AC o AB, se producirá un reparto de A entre B y C. La segunda ley dice que la acción de B o de C sobre los compuestos AB o AC depende de la cantidad relativa de las sustancias que interactúan; A puede quedar saturado de B en presencia de C o viceversa, siempre que las cantidades de B o C sean suficientemente grandes. En estas leyes se aprecia la representación de sustancias unidas a través de letras (AB, AC, etc.).

Bergman (1735 - 1784) y Berthollet atribuyeron la estabilidad del enlace químico a la fuerza gravitacional que actúa entre las partículas que lo forman. Sin embargo, surgió un problema irresoluble, ya que este modelo no podía explicar la gran estabilidad del agua que presenta al calentarse, comparada con la estabilidad que presenta el óxido de mercurio, el cual se pensaba que por ser más pesado debería ser más estable (Chamizo, 1987).

Por lo que, la afinidad química no correspondía a las masas de los átomos que se unen para formar moléculas y en poco tiempo después, Gay Lussac (1839), consideró que la afinidad debería subsumirse a la teoría atómica de Dalton, y que las relaciones de masa debían ser consideradas proporcionales a las masas atómicas o equivalentes. En la actualidad la afinidad se continúa usando (como término) y se emplea con un significado impreciso, equivalente a tendencia a reaccionar (Estany e Izquierdo, 1990).

1.3.3. Ideas electroquímicas sobre el enlace químico

Se requería otro tipo de fuerza para explicar el enlace químico, la cual se encontró en los experimentos realizados con la electricidad, que generaron las experiencias sobre descomposición electrolítica de diferentes sustancias, dando gran empuje al desarrollo de explicaciones electroquímicas sobre enlace químico.

A principios del siglo XIX, surgieron los primeros modelos sobre enlace químico en donde se indicaba que era de naturaleza eléctrica; estos modelos fueron resultado de los experimentos de Nicholson (1753 – 1815) y Carlisle (1768 – 1840), quienes lograron descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno mediante el paso de la corriente eléctrica (electrólisis).

Los experimentos de disociación electrolítica no tardaron en tomar auge. Así, Davy (1778 -1829) procedió a emplear la electrólisis para diferenciar los elementos de los compuestos. En 1807 descubrió dos nuevos elementos metálicos a los que dio el nombre de sodio y potasio, haciendo pasar la corriente eléctrica a través de sus álcalis fundidos (Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz, 1987).

Por otra parte, Berzelius (1776 – 1848) pensaba que la electricidad era el *primun movens* de todos los procesos químicos. Los átomos de los diversos elementos eran considerados por él cómo dipolos eléctricos, con una carga predominantemente positiva o negativa, la excepción era el hidrógeno, al que consideraba neutro. Ordenó a los elementos en una serie electroquímica, desde el más electropositivo (el potasio), hasta el menos electronegativo (el oxígeno). Su sistema dualístico basado en el principio bipolar fue la base de su concepción sobre las combinaciones químicas (Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz, 1987).

Berzelius mantuvo la idea de que la fuerza que une a los átomos en una molécula inorgánica o en un radical orgánico era de naturaleza eléctrica. Cada molécula debía contener una parte positiva y una negativa, ya que sólo existía atracción entre los elementos de cargas opuestas (Asimov, 1975). Un elemento presente en un compuesto podría ser sustituido por otro siempre que tuviera el mismo carácter eléctrico, lo cual se podía demostrar de forma experimental (Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz, 1987). Por lo tanto, Berzelius había sugerido que las combinaciones químicas eran el resultado de una atracción eléctrica, con lo que surgieron las primeras nociones sobre el modelo de enlace iónico, que podía aplicar esencialmente a compuestos inorgánicos (Livage, 1981).

Cuando Berzelius quiso aplicar sus ideas sobre combinaciones a los compuestos orgánicos sus resultados no fueron los que esperaba. Por ejemplo, existían reacciones en donde el hidrógeno (neutro) era sustituido por grupos fuertemente negativos sin que con ello se observaran grandes cambios en las propiedades químicas del compuesto. Por lo que tuvo que insistir en que los radicales consistían en carbono e hidrógeno solamente, siendo el carbono, negativo, y el hidrógeno, positivo. Por tanto, sostuvo que el radical benzoilo (C_7H_5O), no contenía ni podía contener oxígeno, lo que se contradecía con los estudios realizados sobre ese radical. Berzelius estaba seguro, que era imposible sustituir un elemento negativo por otro positivo sin cambiar drásticamente las propiedades del compuesto (Asimov, 1975). Con estos estudios logró diferenciar a los compuestos químicos orgánicos como aquellos que sólo pueden ser formados por una fuerza vital, de los compuestos inorgánicos, que estarán gobernados por las leyes físicas y químicas de la naturaleza no viviente (Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz, 1987).

Posteriormente, Laurent (1807 – 1853) consiguió sustituir con átomos de cloro algunos de los átomos de hidrógeno, existente en las moléculas de alcohol etílico y también realizó la sustitución del hidrógeno por halógenos en compuestos aromáticos. Estos resultados no pudieron ser

explicados por Berzelius, ya que el cloro se consideraba negativo y el hidrógeno positivo y sin embargo se podía sustituir el uno por el otro sin que cambiara de forma drástica las propiedades del compuesto. Además, en este compuesto clorado, el carbono debía estar unido directamente al cloro y si ambos eran átomos negativos, ¿cómo es que estaban unidos?, si las cargas negativas se repelían entre sí. Berzelius, rehusó a cambiar sus ideas, pero Larent se mantuvo firme y continuó acumulando pruebas en el sentido de que los radicales no eran tan indestructibles o tan estables como Berzelius creía (Asimov, 1975).

Debido al fracaso de las ideas de Berzelius para compuestos orgánicos, las explicaciones electroquímicas sobre enlace fueron abandonadas gradualmente, ya que se pensaba que otra fuerza de la naturaleza era responsable de la unión química en los compuestos orgánicos. Es por ello que en la química orgánica se generaron diversos modelos materiales que explicaban esta unión química, que abarcan el modelo de los tipos y la valencia, que a continuación se presentan.

1.3.4. El modelo de los tipos

Según Gerhardt (1816 – 1856), todos los compuestos orgánicos podían sistematizarse de acuerdo con sus reacciones características. Por ejemplo, todas las aminas obtenidas al tratar amoniaco con varios derivados halogenados, fueron incluidas en el tipo amoniaco, ya que uno o más hidrógenos son sustituidos por los radicales, como se observa en la siguiente figura.

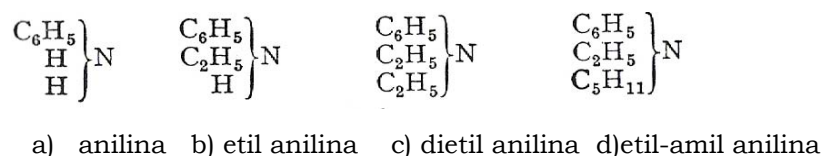


Figura 4. Modelos materiales bidimensionales sobre compuestos obtenidos al tratar aminas con cloruro de amonio. Imagen tomada de Partington (1957p. 297).

Entre los años 1850 y 1852, Williamson (1824 – 1904) demostró que la familia de compuestos orgánicos llamados éteres podía también formarse según el tipo agua. En este caso los dos hidrógenos del agua eran sustituidos por radicales orgánicos. El éter común, que comenzaba a emplearse como analgésico, tiene ambos hidrógenos remplazados por grupos etilo de manera que su fórmula es $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$. Una sustitución similar ocurre en el agua, como se visualiza en la figura.

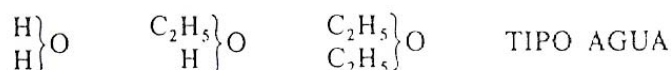


Figura 5. Modelos materiales bidimensionales de compuestos del tipo agua, (Cruz-Garriz, Chamizo, Garriz, 1987).

En la reacción entre un hidrocarburo con el cloro, el proceso es semejante al que se presenta cuando el hidrógeno y el cloro reaccionan como se muestra en la siguiente figura.

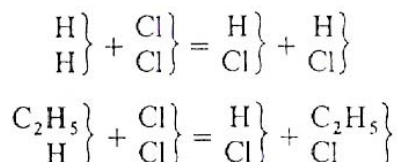


Figura 6. Modelos materiales bidimensionales de derivados de tipo hidrógeno y derivados de tipo cloruro de hidrógeno (Cruz-Garriz, Chamizo, Garriz, 1987).

Por lo que los hidrocarburos, según este modelo, pertenecían al tipo del hidrógeno; y los derivados halogenados al tipo de cloruro de hidrógeno, lo que permitió a Gerhardt completar la lista original de los tipos y proponer que el ácido acético era del tipo agua y era posible la síntesis de anhídrido acético, a partir de la sustitución de un segundo acetato, a través del hidrógeno remanente. Lo cual le permitió producir el anhídrido acético en su laboratorio. El anterior modelo de los tipos y las fórmulas de los compuestos orgánicos empezaron a tener un valor predictivo y en la química se empezaron a desarrollar modelos materiales estructurales.

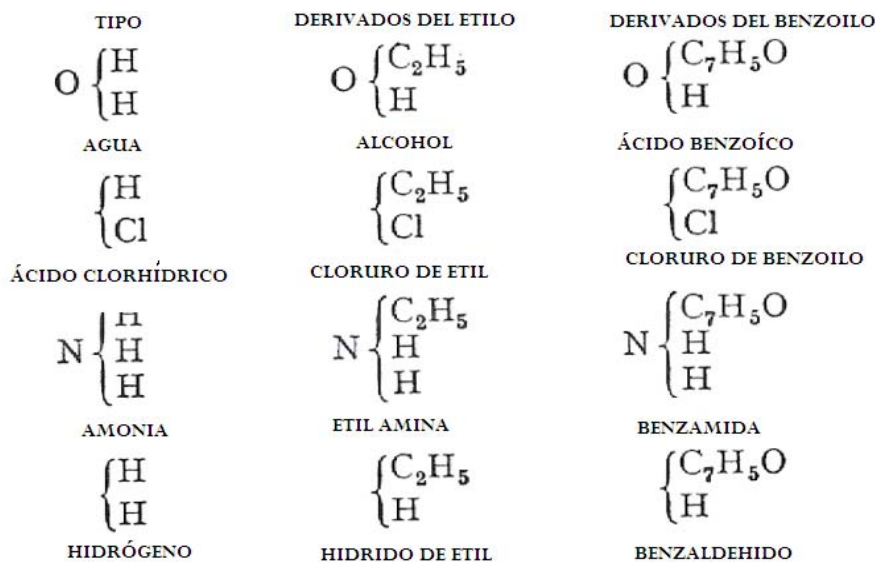


Figura 7. Modelos materiales bidimensionales sobre cuatro tipos: para el agua, ácido clorhídrico, amoniaco e hidrógeno. Imagen tomada de Partington (1957, p.267).

Posteriormente fue Kolbe (1818 – 1884) el que relacionó las fórmulas de los tipos con las fórmulas estructurales, ya que identificó a grupos especiales, como el carbonilo y logró aclarar la reacción entre ácidos, aldehídos y cetonas, también predijo la existencia de alcoholes secundarios y terciarios, que se sintetizaron poco tiempo después.

En esta etapa, el modelo de los tipos todavía utilizaba los radicales como unidades y, más que resolver la cuestión sobre la estructura molecular, la evadía. Por lo que habría que enfrentarse a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la disposición atómica dentro de los radicales?, ya que la disposición de los átomos en una molécula era determinante en su comportamiento químico. Con este enfoque los resultados experimentales se dirigían y daban frecuentemente validez a la teoría atómica de Dalton.

1.3.5. Valencia

Frankland (1825 – 1899) se interesó por los compuestos órgano-metálicos, en los cuales agrupaciones orgánicas enlazan a átomos de metales como el zinc, demostró que el nitrógeno, fósforo, arsénico y antimonio se combinan con radicales orgánicos en las relaciones 1:3 y 1:5, mientras que zinc, mercurio y oxígeno lo hacen en la relación 1:2 (Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz, 1987). Estos hechos lo condujeron a pensar que “cada átomo tiene un poder de combinación fijo”. Por ejemplo, en condiciones normales, un átomo de hidrógeno solamente se combinará con otro átomo. Esto también se observa en el sodio, cloro, plata, bromo y potasio. Los átomos de oxígeno pueden combinarse con dos átomos diferentes, al igual que los de calcio, azufre, magnesio y bario (Asimov, 1975).

Este hecho fue denominado *poder de combinación* y fue utilizado por varios de sus contemporáneos, ya sea como *unidades de atomicidad* o como *grados de afinidad*, hasta que Wichelhaus (1842-1927) introduce el término valencia.

En 1891, Werner (1866 – 1919) desarrolló la teoría de coordinación, con la cual explicó el comportamiento químico y la estructura de lo que llamó compuestos complejos. Desde ese momento los conceptos de valencia primaria y secundaria, número de coordinación, compuestos de adición e intercalación pasaron a ser de uso corriente dentro de la química. En estos compuestos estables, algunas moléculas podían sustituir a iones sin cambiar nada esencial en el complejo, manifestando un nuevo tipo de afinidad que él denominó contravalencia o valencia residual.

Por otra parte, Dumas, en 1834, trabajó con compuestos orgánicos no electrolizables y planteó otro modelo sobre enlace químico, según el cual los átomos al formar una molécula pierden toda individualidad, lo que permite explicar que dos compuestos isómeros con la misma composición química pueden presentar propiedades químicas diferentes, ya que las propiedades de un agregado molecular dependen de la forma en que se enlazan los átomos. Dumas también realizó modelos materiales bidimensionales de estos enlaces (mediante trazos), considerando que cada átomo no se puede unir más que con un número limitado de enlaces, a esta relación la llamó valencia. Por lo tanto, el átomo de carbono se combina con cuatro átomos de hidrógeno, como máximo, para formar el metano, con lo que se asignó a los compuestos del carbono cuatro enlaces (Livage, 1981).

Posteriormente, los descubrimientos hechos por Pasteur (1822 – 1895), sobre actividad óptica, fueron cruciales para la comprensión de la distribución de los cuatro enlaces en los compuestos con carbono. El primer indicio de la comprensión de la actividad óptica apareció en 1848, cuando el químico Pasteur, estudiando las sales de ácido tartárico, se dio cuenta de que existían dos tipos de cristales. Pasteur observó que los cristales eran asimétricos, es decir, un lado del cristal tenían una pequeña cara que no se presentaba en el otro. Utilizando un lente de aumento separó cuidadosamente con pinzas los cristales y disolvió cada grupo por separado, las propiedades de cada grupo parecían idénticas, exceptuando la actividad óptica. En ese momento resultaba imposible explicar el distinto comportamiento de sus cristales cuando eran atravesados por la luz polarizada. Posteriormente los compuestos que presentaban este comportamiento fueron llamados isómeros ópticos, los cristales disueltos formaban una solución dextrógira y la otra levógira.

La interrogante respecto al comportamiento de los isómeros ópticos fue resuelta de forma simultánea por dos químicos daneses J. H. Van't Hoff (1852 – 1911) y J. A. Le Bel (1847 – 1930), en 1874, quienes sugirieron que los cuatro enlaces del carbono estaban distribuidos en las tres

dimensiones en el espacio hacia los cuatro vértices de un tetraedro y que la existencia de la isomería óptica se presentaba cuando sobre los cuatro vértices se encontraban dispuestos diferentes átomos o grupos de átomos, como se puede ver en la figura 8.

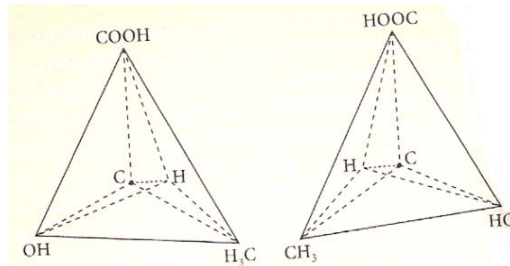


Figura 8. Modelos materiales bidimensionales sobre moléculas de ácido láctico. Imagen tomada de Asimov (1975, p.126)

Es así como se propuso el modelo material de enlace tetraédrico para los átomos de carbono, este modelo permite dos configuraciones de los átomos en un compuestos, siendo una de ellas la imagen especular de la otra, (Asimov, 1975). Este modelo material para el átomo de carbono (Figura 9) fue utilizado por Van't Hoff para explicar algunas de las propiedades de los compuestos orgánicos, ya que con ellos lograba explicar la estereoisomería y predecir que compuestos de carbono la presentaban (Chamizo, 2010). Los estereoisómeros son compuestos que tienen los átomos unidos en el mismo orden pero se diferencian en su orientación (McMurry, 1994).

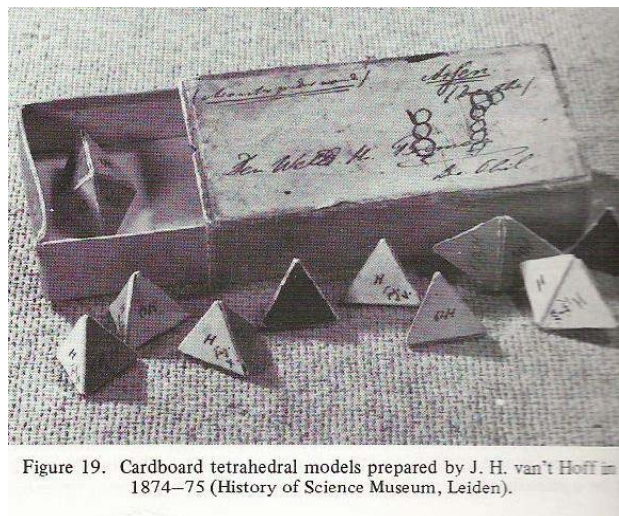


Figure 19. Cardboard tetrahedral models prepared by J. H. van't Hoff in 1874–75 (History of Science Museum, Leiden).

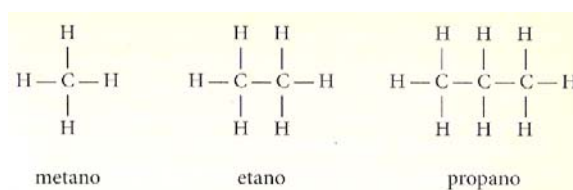
Figura 9. Modelo material bidimensional sobre modelos materiales tridimensionales de átomos de carbono tetraédrico construidos por Van't Hoff en 1884. Tomado de Chamizo (2010, p.33)

Hasta esta etapa y gracias a los trabajos de Kekulé, Butlerov y Van't Hoff sobre la valencia, se desarrollaron modelos materiales bidimensionales y tridimensionales sobre el átomo de carbono tetraédrico que podía explicar los resultados experimentales, desde ese momento comenzó un desarrollo extraordinario para la estructura molecular de los compuestos orgánicos.

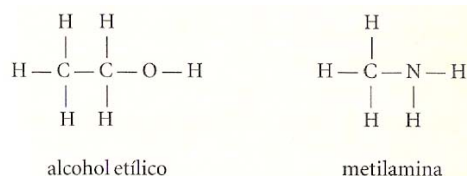
1.3.6. Estructura molecular

Kekulé (1829- 1896) aplicó la noción de valencia con particular interés en la estructura de las moléculas orgánicas. Partió de la idea de que el átomo de carbono era tetravalente, con lo que empezó a diseñar modelos materiales sobre moléculas orgánicas simples.

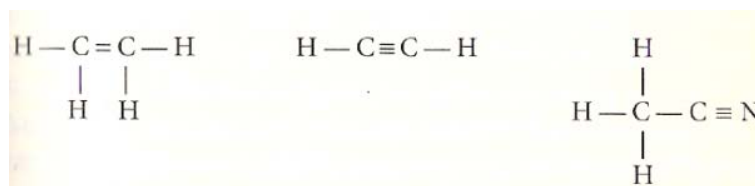
Estos modelos materiales sobre moléculas también fueron propuestos por Couper (1831 -1896), por lo que ambos de forma independiente, sugirieron que el átomo de carbono posee cuatro grados de afinidad lo que le permite unirse a cuatro átomos de hidrógeno o a dos de oxígeno. Así, en los tres hidrocarburos más simples, que son el metano (CH_4), etano (C_2H_6) y propano (C_3H_8), cada átomo de carbono puede representarse con cuatro enlaces y cada átomo de hidrógeno con uno, tal como se observa.



También se identificó que un átomo de carbono puede unirse con otro siempre y cuando ambos completen sus valencias con otros átomos, por lo que dejan abierta la posibilidad de construir estructuras con átomos de carbono como cadenas lineales o ramificadas. Añadiendo oxígeno con dos enlaces, y nitrógeno, con tres, también se puede representar la molécula de alcohol etílico ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) y la de metil-amina (CH_5N), como se visualiza.



Los modelos materiales moleculares se hicieron más flexibles e integraron enlaces dobles y enlaces triples entre dos átomos adyacentes. En la figura 10, se muestran los modelos materiales con dobles y triples enlaces.



En 1861, el químico Butlerov (1826 – 1886) generaliza los modelos materiales de Kekulé y Couper al introducir el término de estructura química que define como se indica en Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz (1987, p. 17):

“...la naturaleza y manera por la que se presentan enlace mutuos entre los átomos de una molécula.... Una molécula compleja queda determinada por la naturaleza, cantidad y estructura química de las partículas elementales que la componen”.

Por otra parte y a partir del conocimiento del comportamiento químico de los compuestos orgánicos, vaticinan la forma en que se agrupan los átomos de una molécula, logrando así identificar las diferentes estructuras que algunos isómeros presentan, como en el caso del alcohol etílico y el éter di-metílico, que poseen propiedades diferentes aunque tienen la misma forma empírica (C_2H_6O), los modelos materiales estructurales se observan en el alcohol etílico y el éter dimetílico.

En el caso del benceno, un hidrocarburo cuya fórmula empírica era (C_6H_6), permitía representaciones que eran consistentes con el análisis elemental y su peso molecular. Aunque su química estaba siendo estudiada constantemente, los resultados eran desconcertantes, debido a que los modelos materiales requerían cuatro dobles enlaces, anillos o una combinación de ambas cosas, por lo que, ningún modelo material parecía satisfacer los requisitos de valencia, y al mismo tiempo explicar la gran estabilidad del compuesto. Fue Kekulé quien en 1865, a partir del estudio de reacciones del benceno, propuso un modelo material bidimensional consistente con su estructura, que consiste en un anillo de átomos de carbono.

El modelo material bidimensional propuesto por Kekulé, fue muy criticado en su tiempo. Aunque explica satisfactoriamente el número correcto de isómeros del benceno mono-sustituídos y di-sustituídos.

La química orgánica se fue consolidando aun sin saber qué tipo de fuerzas eran responsables de que los átomos tuvieran cierta valencia, y sin poder demostrar directamente la existencia de los mismos, convirtiéndose en una ciencia predictiva. Sin embargo, ni el concepto de valencia, ni los modelos materiales moleculares, daban respuesta a las siguientes interrogantes: ¿por qué se forma el enlace en los compuestos orgánicos? y ¿por qué los átomos presentan valencias específicas? La clave habría de encontrarse en la naturaleza de las fuerzas que mantienen enlazados a los átomos al formar moléculas, por lo que la respuesta a las interrogantes tendrían que esperar el desarrollo de varios descubrimientos fuera del campo de la química orgánica, como lo ha indicado Chamizo (1987, p. 29), son los siguientes:

- Los trabajos de S. Arrhenius sobre conductividad y disociación iónica.
- El descubrimiento del electrón por J.J. Thomson.
- El descubrimiento de los gases nobles y la verificación de su carencia de reactividad.
- La teoría de coordinación de A. Weber.
- El nacimiento de la mecánica cuántica como resultado de los trabajos de M. Planck.

Referente al descubrimiento del electrón por J.J. Thomson (1897), fue posible comprender que el enlace no dependía de los átomos, sino de los electrones. Estos descubrimientos modificaron la concepción que se tenía del átomo y también sobre la naturaleza del enlace, como se describirá a continuación.

1.3.7. La naturaleza del enlace químico

En este época, se caracterizaban químicamente tres tipos de sustancias: 1) Las sales inorgánicas que forman electrolitos en disolución, cuyo modelo de enlace conduce la corriente eléctrica en disolución, estas características correspondían con el modelo de enlace propuesto por Berzelius, 2) Los compuestos orgánicos (no electrolitos), con valencia constante (no variable) y 3) Los compuestos de coordinación con valencia variable y que conducen la corriente eléctrica en disolución (Chamizo, 1987). Para estos tres tipos de sustancias, se pensaba que requerían un modelo particular de enlace, por lo que se generaron múltiples modelos materiales y matemáticos que intentan explicar el enlace en función de sus características, algunos de estos modelos se describen a continuación.

En 1904, Thomson había desarrollado el primer modelo material electrónico basado en la valencia. El cual consistía en retomar el esquema electroquímico de Berzelius mezclado con la teoría electromagnética de Maxwell, en donde, el modelo sobre enlace químico se originaba por una atracción electrostática, por lo tanto, el enlace se formaba cuando dos átomos intercambiaban o transferían uno o más electrones, por lo que el donante adquiría carga positiva y el receptor carga negativa. Thomson pensaba que el enlace químico se formaba cuando dos átomos (con sus esferas correspondientes), se inter-penetraban situando a sus electrones de forma simétrica en una región común.

En el mismo año Abego publicó un modelo material y matemático de electrovalencia en donde describió formalmente la “Regla del octeto”, señalando algunas características de la tabla periódica, según la cual las valencias variables (o valencias principales y contra-valencias) de los átomos en un compuesto parecían sumar siempre ocho. Por ejemplo en el cloruro de sodio (NaCl), la valencia del Cl es (1), en el Cl_2O_7 es de (7); el nitrógeno en el NH_3 es de (3) y en el N_2O_5 es del (5).

En 1907, Drude sugirió que la valencia positiva era igual al número de electrones que podía ceder el átomo, y la valencia negativa correspondía al número de electrones susceptibles de ser captados por el mismo átomo. Con ello se propone por primera vez el modelo de enlace químico debido a la “compartición de electrones”, entre dos átomos.

En 1908, Ramsay, descubridor de algunos de los gases nobles, apoya esta idea, se expresa al respecto de la siguiente forma: *Ellos (los electrones) sirven como “lazo de unión” entre átomo y átomo* (Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz, 1987). De esta forma admitió que la unión química se establecía por medio de los electrones de valencia de los átomos que se unían.

Posteriormente, Stark (1874 -1957) propone un modelo de enlace químico para explicar la unión entre un átomo de carbono y uno de hidrógeno. En su modelo material, considera a los electrones de valencia como responsables de la atracción que se produce, de forma simultánea, entre las partes positivas de los dos átomos, este modelo material se puede observar en la figura 12.

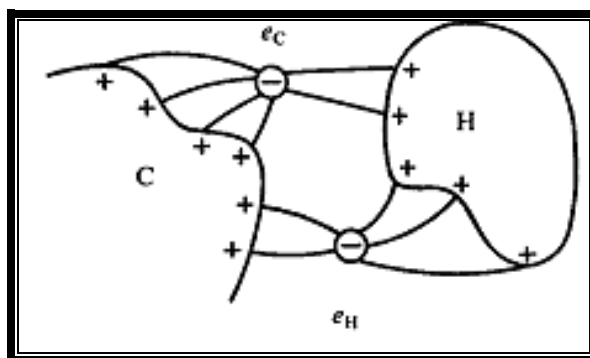


Figura 10. Modelo material bidimensional de Stark sobre el enlace carbono – hidrógeno. Imagen tomada de Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz (1987, p.210).

En este modelo material sobre enlace químico, los electrones están situados entre dos átomos de forma equivalente al enlace químico, ya que tanto el electrón correspondiente al carbono, como el del hidrógeno, envían líneas de fuerza y ambos núcleos sirven como agentes enlazantes. También propuso un modelo de “átomo-dinámico” con el cual representó la estructura de varias moléculas.

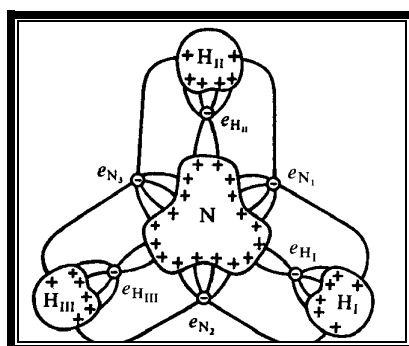


Figura 11. Modelo material bidimensional de Stark para la molécula del amoníaco donde consideraba al nitrógeno con tres electrones de valencia y al hidrógeno con uno. Imagen tomada de Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz (1987, p.211).

Por otra parte, surgieron más evidencias que modificaron al modelo atómico. En Inglaterra, Thomson abandonó su modelo de “budín de pasas”, debido a la prueba que Rutherford presentó a favor de un modelo planetario-nuclear del átomo. Sus investigaciones junto con Aston sobre el análisis de los rayos positivos no sólo condujeron al descubrimiento de isótopos, sino que también obligaron a Thomson a revisar su modelo respecto “a que todos los enlaces eran esencialmente polares”. En 1914, Thomson llegó a la conclusión de que existían dos tipos de enlaces, polares y no polares. El análisis matemático le permitió imaginar las *líneas de fuerza* (propuestas por Faraday), que sujetaban a los electrones al núcleo y al átomo vecino. Éste era su modelo matemático de enlace no polar. Sin embargo, para que fuera eléctricamente neutro, Thomson tuvo que suponer que “por cada línea de fuerza que sale del átomo debe haber otra que entra; por eso cada átomo que contiene n corpúsculos debe ser el origen de n líneas que van a otros átomos y, simultáneamente, la terminación de n líneas que vienen de otros átomos” (Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz, 1987).

En 1913, Bohr publicó un artículo donde proponía la estructura electrónica para sistemas moleculares. Allí presentó estructuras relativas (modelos materiales bidimensionales) para el

hidrógeno (H_2), oxígeno (O_2), agua (H_2O), metano (CH_4) y etino (C_2H_2). Referente al hidrógeno, se pensaba que estaba constituido por dos núcleos positivos unidos por dos anillos de dos electrones (figura 14).

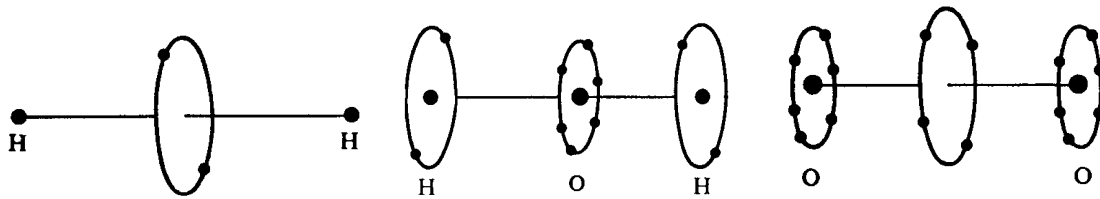


Figura 12. Modelo material bidimensional del modelo de Bohr para el hidrógeno, agua y oxígeno. Imagen tomada de Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz (1987, p.211).

En estos modelos materiales bidimensionales, los electrones estaban representados por un anillo, y se movían en un plano perpendicular al eje internuclear.

Por otra parte, el modelo atómico propuesto por Bohr, posibilitó tener una visión clara de los fenómenos electrónicos que intervienen en la formación del enlace. En su modelo atómico, los electrones giran alrededor del núcleo, colocándose en órbitas sucesivas, cada orbita sólo puede contener un número limitado de electrones; $2n^2$ siendo n el número de órbitas. De acuerdo con este modelo, un átomo como el litio que tiene 3 electrones, estos se distribuyen de la siguiente forma: los primeros dos ocupan la primera órbita ($n=1$), pero el tercero debe ocupar la segunda órbita con energía más elevada. Este electrón se encuentra menos atraído por el núcleo, puede arrancarse fácilmente para dar origen al ión Li^{1+} el que adquiere una carga global positiva. Contrariamente, un átomo de flúor posee nueve electrones, puede aceptar un decimo electrón, con el objeto de completar su segunda órbita, formándose un ion negativo F^{1-} . Por lo tanto, la unión de estos dos iones forma al fluoruro de litio LiF (modelo de enlace electrovalente).

1.3.8. Modelo de átomo cúbico de Lewis

En 1916, Lewis reúne la información de los modelos de enlace anteriores y propone un nuevo modelo de enlace para compuestos no iónicos. Plantea que la causa de la afinidad radica en la capacidad de los electrones superficiales para redistribuirse entre los átomos, es decir para formar arreglos más estables compatibles a los de los gases nobles (Wojikowiak, 1987). Con ello, propuso que los electrones en los átomos están en posiciones estáticas, y desarrolló un modelo material, modelando una serie de átomos cúbicos, donde los cubos continuos compartían en lugar de intercambiar los electrones externos a lo largo de una arista común. Se basó en consideraciones cristalográficas determinadas con rayos X, donde los átomos muestran arreglos de estructuras simétricas, además de la estabilidad de los gases nobles. Planteó que las características diferentes entre estas sustancias se debían al grado en el que compartían el par de electrones (Chamizo, 1992).

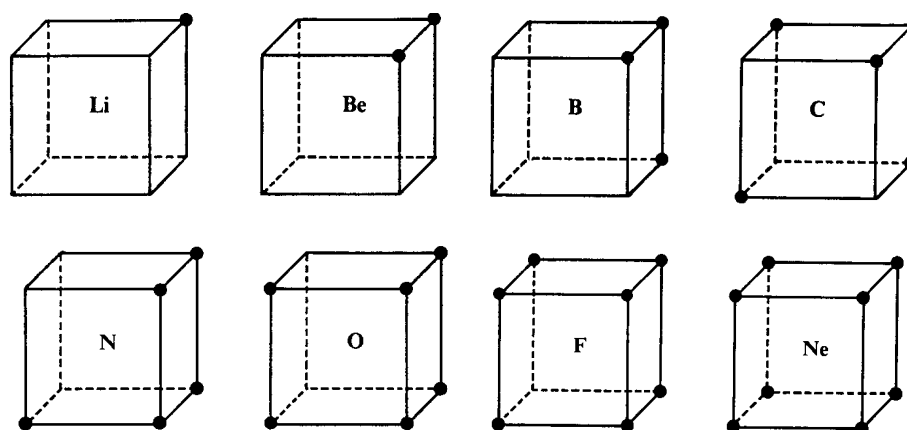


Figura 13. Modelos materiales bidimensionales sobre el arreglo de electrones de valencia para distintos átomos cúbicos: para los átomos del litio al neón. Imagen tomada de Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz (1987, p.216).

Los modelos materiales bidimensionales de Lewis consideraban a los electrones de valencia colocados en los vértices de un cubo, por lo que denominó a su modelo como la teoría cubica del átomo.

En ese año, Lewis publicó en JACS “The atom and the molecule”, en el artículo reconocía que las capas atómicas exteriores son mutuamente inter-penetrables, de modo que un electrón puede formar parte de una misma capa exterior de dos átomos diferentes y no se podía asignar su pertenencia a ninguno de los dos, de forma exclusiva. Esta suposición, iba a ser un principio esencial de la nueva mecánica cuántica. Es decir, los electrones estaban arreglados en capas. La primera contenía dos electrones, mientras que el resto retenía ocho, a excepción, de la última capa de valencia, la cual contendría entre uno y ocho electrones. La teoría de Lewis sobre la valencia se basaba en la nula reactividad de los gases nobles, tomaba como antecedente la Ley de Abego de la valencia y la contra valencia de 1904, finalmente suponía que la adquisición de la configuración electrónica de los gases nobles es la responsable de la estabilidad en los compuestos químicos (Brock, 1998).

Debido a esto, Lewis elaboró un modelo sobre enlace covalente, en donde se asociaban dos electrones (dobletes) u ocho electrones (octeto). Su modelo sobre enlace covalente simple, se formaba debido a la compartición de un doblete electrónico, por lo tanto, cada átomo cede uno de sus electrones de valencia (ubicados en la última orbita ocupada). El número de enlaces formados se basa en la llamada “regla del octeto” (Livage, 1981).

A pesar de que Lewis sugirió que los enlaces dobles podían representarse uniendo las caras de los cubos, el artículo era muy escueto respecto al uso de dibujos cúbicos. Lewis percibió claramente las limitaciones del modelo, ya que no se podían representar enlaces triples y aun suponiendo que los kernels se repelieran entre sí y que se produjeran deformaciones geométricas, el modelo no incluía los datos estereoquímicos disponibles. Lo más sobresaliente era que, a diferencia del modelo Borh-Sommerfeld, no daba explicación alguna sobre el espectro. Teniendo en cuenta estos problemas Lewis no hizo uso del modelo de átomo cúbico desde 1916.

1.3.9. Kossel y su modelo electrostático sobre el enlace

El físico alemán Kossel, fue el primero en proponer un modelo material sobre el enlace iónico. Partió de la idea de que los iones tienen una estructura electrónica exterior comparable a la de los gases nobles, es decir, con 8 o 18 electrones (Wojikowiak, 1987). Concebía a los electrones de un átomo localizados en anillos concéntricos, rotando en orbitas alrededor del núcleo. Pero a diferencia de Bohr pensaba que el neón y el argón tenían ocho electrones en las orbitas más externas, como se muestra en la figura 16.

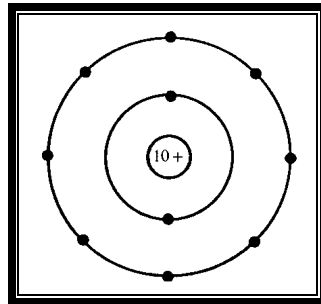


Figura 14. Modelo material bidimensional de Kossel para el neón. Imagen tomada de Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz (1987, p.213).

Dada la estabilidad de los gases nobles y que estos estaban flanqueados en la tabla periódica por los halógenos (con un electrón menos) y los metales alcalinos (con un electrón más), la transferencia de un electrón del metal alcalino al halógeno conducía a ambos a adquirir el mismo número de electrones que un gas noble, lo cual les daría estabilidad. Con ello, el halógeno adquiriría una carga negativa neta y el metal una carga positiva. La atracción electrostática entre ambos iones (figura 17) sería responsable de la formación del enlace químico (Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz, 1987).

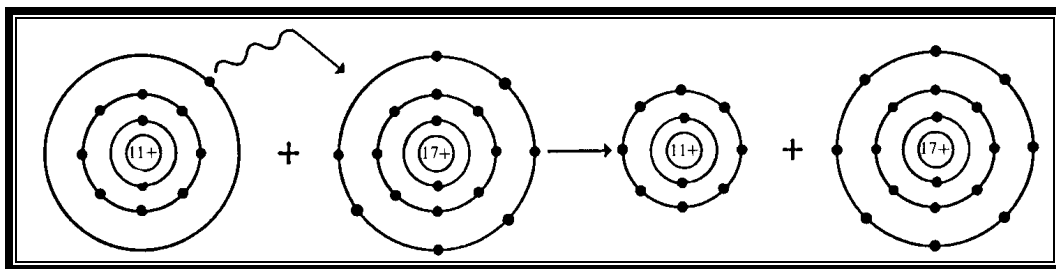


Figura 15. Modelo material bidimensional de la formación de cloruro de sodio a partir de sus átomos. Imagen tomada de Cruz-Garritz, Chamizo, Garritz (1987, p.214).

Es decir, concebía que el modelo de enlace fuera de tipo electrostático, resultado de la carga que adquieren los átomos para alcanzar la configuración de gases nobles. En este modelo de enlace los electrones son entes dinámicos. El error que cometió fue generalizar este tipo de enlace a compuestos no iónicos como las moléculas diatómicas (Cl_2 , O_2 , etc.) (Wojikowiak, 1987).

1.3.10. Langmuir y el modelo Lewis- Langmuir

En 1919, Langmuir (1881 -1957) reúne ambos modelos en uno y establece que hay dos tipos de enlace diferentes: el covalente (enlace no polar) y el electrovalente (o iónico). Fue el encargado de difundir la teoría del par compartido, contribuyó significativamente a enriquecer esta teoría e introdujo el concepto de carga formal e isosterismo, logrando explicar las propiedades químicas y físicas de las tres sustancias antes mencionadas (electrolitos de sales inorgánicas, compuestos orgánicos con valencia constante y compuestos moleculares con valencia variable), sobre todo de los compuestos orgánicos (Chamizo, 1992).

Langmuir admitía que los enlaces interatómicos se formaban por compartir o ceder electrones para construir un “octeto”, en el cual el número de enlaces de par compartido p , estaba determinado por el número de electrones de valencia, e , y el número de octetos, n , mediante la regla $e = 8n - p$. Así, por ejemplo en el NH_4Cl , $e = 16$, $n = 2$, por lo que $p = 0$, el enlace entre el hidrógeno y el cloro, es por lo tanto, iónico, no covalente. La teoría del octeto valencia de Langmuir es una generalización de los trabajos de Kossel y Lewis sustentada en información química, pero en tono más abstracto y matemático.

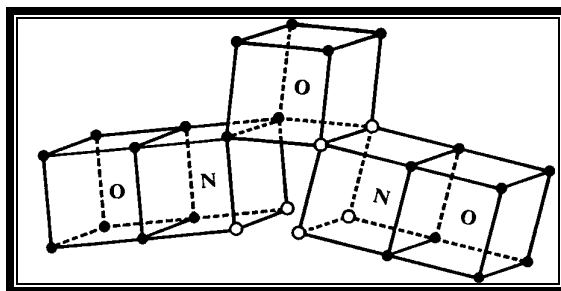


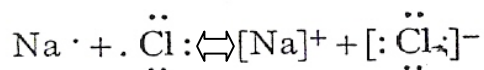
Figura 16. Modelo material bidimensional del modelo cúbico, según Langmuir para el N_2O_3 . Imagen tomada de Cruz-Garriz, Chamizo, Garriz (1987, p.228).

También reconcilió los electrones estáticos de Lewis con los dinámicos electrones de la teoría de Bohr, que pronto se conoció como la teoría de Lewis- Langmuir, este trabajo ejerció una notable influencia en la evolución de los modelos sobre enlace químico y gozó de gran aceptación por la comunidad química de esa época. En la siguiente tabla se puede observar la cantidad de trabajos que se publicaron al respecto de 1918 hasta 1927.

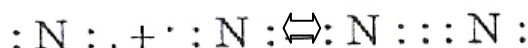
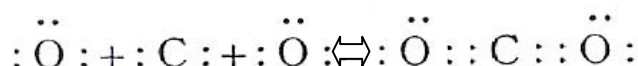
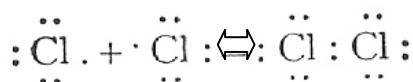
Tabla 3. Artículos publicados sobre el modelo de Lewis- Langmuir de 1918 a 1927. Tomada de Chamizo (1992, p. 30).

| | Inglaterra | EU | Alemania | Otros | Total |
|-------|------------|----|----------|-------|-------|
| 1918 | - | - | 2 | 2 | 4 |
| 1919 | - | 5 | 2 | - | 7 |
| 1920 | 9 | 4 | 4 | - | 17 |
| 1921 | 3 | 7 | 1 | 1 | 12 |
| 1922 | 10 | 8 | 1 | 1 | 20 |
| 1923 | 29 | 2 | 3 | 3 | 37 |
| 1924 | 10 | 5 | - | 1 | 16 |
| 1925 | 1 | 4 | - | 1 | 6 |
| 1926 | - | 1 | 2 | 1 | 4 |
| 1927 | - | 1 | - | 1 | 2 |
| Total | 62 | 37 | 15 | 11 | 125 |

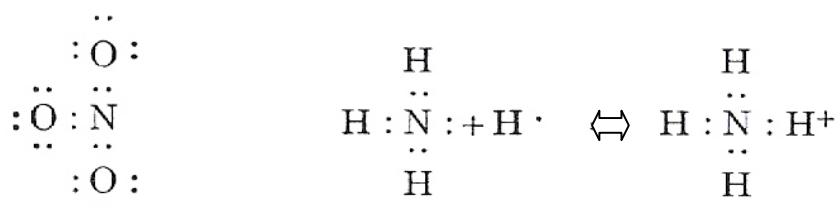
Por otra parte, Lewis consideraba la reciente extensión del modelo original de Bohr llevada a cabo por Bury y Bohr, que daba respuesta a esta paradoja fundamental. Los electrones se situaban en capas que protegían un núcleo. En este nuevo modelo lo importante era la órbita “como un todo” y no la posición exacta de un electrón dentro de la órbita. Lewis señaló que esta imagen era básicamente la misma que la del modelo de kernel, que él había bosquejado en 1902, y publicado en 1916. El apareamiento de electrones en las capas externas, con algunos ajustes en la estructura del kernel de los electrones de transición, podían dar cuenta de la reactividad de elementos y compuestos sin necesidad de suponer transferencia de electrones. Así fue posible redefinir la valencia como “el número de pares de electrones que un átomo comparte con otro átomo”.



Los enlaces dobles y triples se podían representar también con puntos, ya fuesen triples o dobles:



La reactividad especial de moléculas no saturadas como el trióxido de nitrógeno, ión amonio y otras semejantes podían entenderse con facilidad si se escribían como:



Por otra parte, varios físicos europeos como Bohr, Haber, Landé, Madelung y Bethe, basándose en el modelo de Kossel, seguían describiendo varias características de los compuestos iónicos como: cálculos para determinar energías de red cristalina en un sólido y desdoblamiento de orbitales en un elemento de transición por efecto del campo cristalino (Chamizo, 1992).

Posteriormente, Sidgwick estudió los dos modelos de enlace propuestos por Langmuir (covalente y electrovalente), analizando valores de puntos de fusión de varios fluoruros que presentaban discontinuidad (tabla 2), empleó estos resultados para diferenciar a los enlaces, ya que identificaba altos puntos de fusión para enlaces iónicos y bajos puntos de fusión para enlaces covalentes.

Tabla 4. Puntos de fusión (C) de los fluoruros del tercer período. Tomada de Chamizo (1992 p. 30).

| TABLA II | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Punto de fusión (°C) | | | | | |
| de los fluoruros del tercer período | | | | | |
| NaF | MgF ₂ | AlF ₃ | SiF ₄ | PF ₅ | SF ₆ |
| 988 | 1266 | 1291 | -90 | -94 | -50 |

Al aceptar el modelo de Langmuir y Sidgwick, se generó una controversia entre Lewis y Langmuir al identificar el origen de los electrones en la molécula, ya que Lewis argumentaba que el factor más importante del enlace químico era el grado de participación de los electrones independientemente de donde vinieran.

En 1919, Langmuir escribió, respecto al modelo atómico de Bohr, lo indicado en Chamizo (1992, p. 30)

El problema de la estructura de los átomos ha sido estudiado principalmente por los físicos, quienes consideran de manera muy pobre las propiedades químicas, las que en última instancia deben ser explicadas por una teoría de la estructura atómica. La gran cantidad de conocimientos que sobre las propiedades químicas se tienen y las relaciones como las que resume la tabla periódica, deben emplearse como un mejor fundamento para la teoría de la estructura atómica, que los relativamente escasos datos experimentales obtenidos con ideas físicas.

Esta frase indica qué concepto tenía Lagmurir respecto al modelo atómico de Bohr, afortunadamente esta visión cambió cuando apareció la descripción mecánico cuántica sobre el átomo, que ayudó a establecer dos modelos sobre enlace químico: el modelo de unión valencia y el modelo de orbitales moleculares. A continuación se describen algunos aspectos sobre mecánica cuántica respecto al átomo que favorecieron para el establecimiento de estos dos modelos sobre enlace.

En 1924, L. de Broglie, argumentó que el electrón presentaba un carácter ondulatorio. Schrödinger, en 1926, establece que se puede describir como función de onda, esta función de onda es tan sólo un instrumento matemático, ya que únicamente su cuadrado tiene significado: corresponde a la probabilidad de encontrar al electrón. Esta idea se asocia con el principio de incertidumbre de Heisenberg, que establece que no es posible conocer de forma exacta la posición de un electrón, sólo es posible conocer la probabilidad de encontrarlo. Por lo tanto, se genera una representación indefinida del electrón que se describe bajo la forma de una nube electrónica (Livage, 1981). Es decir, cuando un número dado de núcleos se distribuyen en el espacio a interdistancias definidas, los electrones de los átomos se reparten de forma tal que existe en cada punto la posibilidad de presencia para cada uno de ellos. A los dobletes localizados de Lewis les corresponde zonas de densidad electrónica definidas por las funciones de onda.

En este sentido, en 1928, los físicos cuánticos demostraron en términos de coordenadas polares, que la ecuación de Schrodinger para el electrón externo, producía un orbital esférico y simétrico (orbital s), de la misma manera, las tres capas siguientes de energía de los electrones denominadas p, estaban deformadas geoméricamente en forma de mancuernas a lo largo de los tres ejes de

coordenadas. A partir de esta descripción mecánica cuántica sobre el átomo, como ya se comentó, se generaron los siguientes dos modelos de enlace:

- El primero fue el modelo de unión valencia (MUV) o enlace valencia, desarrollado por Heitler y London, donde la función de onda está construida de manera que la separación de los átomos y la localización de los orbitales es enfatizada. Con este modelo el enlace químico se explica fácilmente de forma cualitativa considerando a los orbitales superpuestos, suponiendo que los electrones compartidos tenían diferente espín (Chamizo, 1992). Estudiaron el modelo del enlace basándose en la molécula de hidrógeno, describiendo la naturaleza de esta unión como covalente (Wojikowiak, 1987).
- El segundo modelo es el de orbitales moleculares (MOM), desarrollado por Mulliken en los años treinta. En él los elementos se situaban en orbitales deslocalizados sobre toda la molécula (Chamizo, 1992).

En estos sistemas se presenta un tipo de interacción no eléctrica, que es resultado de las diferencias características de simetría del electrón que es la correlación espín-espín. Esta interacción permite que dos electrones, con espines contrarios, puedan ocupar regiones en el espacio sin que los separe la fuerza de repulsión eléctrica resultante de sus cargas iguales. Por lo tanto, si dos espines son iguales, la separación entre ellos será la máxima según el principio de exclusión de Pauli (Chamizo, 1992). La primera aproximación a esta interacción fue al establecer la regla máxima de multiplicidad, desarrollada por Hund, en 1925, la cual establece que los electrones sucesivos prefieren siempre ocupar la mayor cantidad posible de orbitales, antes de formar pares en una órbita con espines contrarios. Siempre que los electrones se encuentren en una región del espacio compartida donde haya superposición de orbitales atómicos. Estos serían atraídos por ambos núcleos, lo que brindaría a todo el sistema menor energía, por lo tanto una mayor estabilidad que la del estado en que los átomos están separados.

Finalmente, retomo algunas palabras que Paradowski, acerca de la presencia de estos dos modelos materiales, que fueron tomadas de Brock (1998, p. 428):

En física es posible desarrollar un modelo simple y detallado para explicar ciertos tipos de fenómenos, pero la química es demasiado compleja para explicarla por completo mediante este tipo de teorías simples. Para dar razón de los fenómenos químicos en la actualidad (1972), se necesitan varios modelos buenos. Pero estos modelos “buenos” son lo más fragantes, es decir, explican solamente una selección de datos; de ahí la necesidad de utilizar varios modelos. Así pues, dependiendo del sistema simbólico que se utilice, saldrán a la luz verdades diferentes.

Esta frase tiene que ver con el desarrollo histórico y conceptual de los modelos sobre enlace químico, en donde vemos aportaciones de científicos de dos disciplinas: la química y la física. Durante el desarrollo de estos modelos fue necesaria la colaboración entre ambas disciplinas. Pero también muestra aspectos que tienen que ver con la naturaleza de la química (su parte ontológica), ya que por ser una ciencia que estudia fenómenos muy complejos, requiere la interacción de varios modelos que permitan explicar diferentes aspectos del fenómeno, por lo tanto, no puede ser resumida a la física (reduccionismos ontológicos y epistemológicos), ni tampoco a sus modelos (modelos que permiten explicar fenómenos simples), ya que es muy clara su autonomía respecto a las teorías científicas fundamentales, lo cual permite identificar que explicar, enseñar y aprender química se puede hacer de forma diferenciada de la física (Chamizo, 2009).

1.4. Ideas previas sobre los modelos de enlace químico

Para la selección de las ideas previas sobre el enlace químico se consultaron tres fuentes: La primera fue la página de internet <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/index.php>, desarrollada en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la Universidad Nacional Autónoma de México. La base de datos sobre ideas previas está organizada en: idea previa, referencia, biblioteca y subtema.

La segunda fuente fue la versión electrónica del libro *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*, de la autora Vanessa Kind, en donde se consultó el capítulo 10, titulado “Ideas de los estudiantes sobre enlace químico”. También se consultó la investigación educativa “Ideas previas a nivel universitario; evolución y persistencia”, desarrollada por los siguientes autores: Silvia Garcés, Alfredo Herrera y Laura Velázquez (2008).

Las ideas previas seleccionadas se organizaron en tres tablas (organizadas en idea previa y referencia), considerando los siguientes subtemas: propiedades de la materia y enlace químico, enlace iónico y enlace covalente. En la tabla 5, se presentan las ideas previas relacionadas con el enlace químico y las propiedades de la materia.

Tabla. 5. Ideas previas sobre el modelo del enlace químico y propiedades de la materia.

| Idea previa | Referencia |
|--|--|
| La razón de que un electrón sea transferido se debe a la tendencia (o necesidad) de los átomos de tener una configuración de gas noble. | Taber, K.S. (1994). “Misunderstanding the ionic bond”. <i>Education in Chemistry</i> , p. 100-102. |
| La unión entre átomos se debe a las diferentes cargas situadas en los átomos. | De Posada, J.M. (1999). “Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal”. <i>Problemas de aprendizaje. Enseñanza de las Ciencias</i> , 17(2), p. 227-245. |
| Los átomos se unen porque tienen un campo de atracción sobre otros átomos. | De Posada, J.M. (1999). “Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal”. <i>Problemas de aprendizaje. Enseñanza de las Ciencias</i> , 17(2), p. 227-245. |
| La unión de los átomos se debe al estado de agregación. | De Posada, J.M. (1999). “Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal”. <i>Problemas de aprendizaje. Enseñanza de las Ciencias</i> , 17(2), p. 227-245. |
| Los enlaces requieren energía inicial para comenzar el proceso de romperse, pero durante el proceso del rompimiento del enlace, se libera energía. | Boo, H. K., (1998). “Students’ understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions”. <i>Journal of Research in Science Teaching</i> , 35 (5), p. 569 – 581. |
| Un enlace necesariamente implica un par de electrones (o más de un par en algunos casos) entre dos átomos. | Boo, H. K., (1998). “Students’ understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions”. <i>Journal of Research in Science Teaching</i> , 35 (5), p. 569 – 581. |

| | |
|---|--|
| Una fuerza electromagnética por medio de la cual, la materia (en este caso los electrones) presentan interacciones. | Garcés, S. Herrera, A. y Velázquez, L., (2008). "Ideas previas a nivel universitario; evolución y persistencia". <i>Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura</i> . Capítulo 2. p. 51. |
| Un modelo que permite explicar las interacciones que existen entre los átomos. | Garcés, S. Herrera, A. y Velázquez, L., (2008). "Ideas previas a nivel universitario; evolución y persistencia". <i>Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura</i> . Capítulo 2. p. 51. |
| Una entidad física que permite ver cómo están unidos los átomos. | Garcés, S. Herrera, A. y Velázquez, L., (2008). "Ideas previas a nivel universitario; evolución y persistencia". <i>Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura</i> . Capítulo 2. p. 51. |
| La energía que interacciona entre dos átomos. | Garcés, S. Herrera, A. y Velázquez, L., (2008). "Ideas previas a nivel universitario; evolución y persistencia". <i>Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura</i> . Capítulo 2. p. 51. |
| El matrimonio entre la materia y la energía. | Garcés, S. Herrera, A. y Velázquez, L., (2008). "Ideas previas a nivel universitario; evolución y persistencia". <i>Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura</i> . Capítulo 2. p. 51. |

Tabla 6. Ideas previas sobre el modelo de enlace iónico.

| Idea previa | Referencia |
|---|--|
| El enlace iónico es la atracción entre un ion con carga positiva y uno con carga negativa. | Taber, K. S. (1997). "Student understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic framework?". <i>School Science Review</i> , 78 (385), p. 85 – 95. |
| Un ion positivo estará enlazado a cualquier ion negativo cercano. | Taber, K. S. (1997). "Student understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic framework?". <i>School Science Review</i> , 78 (385), p. 85 – 95. |
| Un átomo de sodio sólo puede donar un electrón, así que sólo puede formar un enlace iónico con un átomo de cloro. | Taber, K.S. (1994). "Misunderstanding the ionic bond". <i>Education in Chemistry</i> , p. 100-102. |
| Los enlaces iónicos se forman sólo entre los átomos | Taber, K.S. (1994) "Misunderstanding the ionic bond". <i>Education in Chemistry</i> , p. 100-102. |

| | |
|--|--|
| que donan/aceptan los electrones. | |
| En el cloruro de sodio, un ion cloruro está enlazado a un ion sodio y atraído a otros cinco átomos de sodio, pero sólo mediante fuerzas, no mediante un enlace. | Taber, K.S. (1994) "Misunderstanding the ionic bond". <i>Education in Chemistry</i> , p. 100-102. |
| La estructura interna de un cristal de cloruro de sodio está constituida por átomos de sodio y átomos de cloro alternados en una red. | De Posada, J. M. (1993). "Concepciones de los alumnos de 15 – 18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido". <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 11 (1), p. 12 – 19. |
| La estructura interna de un cristal de cloruro de sodio está constituida solamente por un par de átomos (Na y Cl) unidos | De Posada, J. M. (1993). "Concepciones de los alumnos de 15 – 18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido". <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 11 (1), p. 12 – 19. |
| La estructura interna de un cristal de cloruro de sodio es solamente un par de iones (Na ⁺ y Cl ⁻) unidos | De Posada, J. M. (1993). "Concepciones de los alumnos de 15 – 18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido". <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 11 (1), p. 12 – 19. |
| Los compuestos iónicos están formados por moléculas discretas y neutras, y los enlaces al interior de estas moléculas son más fuertes que los enlaces entre las moléculas | Boo, H. K., (1998). "Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions". <i>Journal of Research in Science Teaching</i> , 35 (5), p. 569 – 581. |
| Los enlaces iónicos no se ven afectados por el proceso de disolución y solamente los enlaces más débiles entre las moléculas iónicas se rompen en el proceso de disolución | Boo, H. K., (1998). "Students' understandings of chemical bonds and the energetics of chemical reactions". <i>Journal of Research in Science Teaching</i> , 35 (5), p. 569 – 581. |
| El número de electrones transferido o aceptado por un átomo se relaciona con la valencia del elemento. | Kind, V., (2004). <i>Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química</i> . Editorial Santillana, p. 110-114. |
| Las cargas positivas y negativas abarcan "todo" el ion de manera que, dependiendo del empaquetamiento, los iones forman enlaces iónicos con más de un ion de carga opuesta a la vez, para integrar una estructura gigantesca que llamamos cristal. | Kind, V., (2004). <i>Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química</i> . Editorial Santillana, p. 110-114. |
| Los compuestos iónicos forman moléculas discretas: Butts y Smith también señalaron que algunos estudiantes consideraban que el cloruro de sodio era molecular, y sugerían que había enlaces covalentes entre el cloro y el sodio, pero que se necesitaban enlaces iónicos entre las moléculas para crear la estructura completa. | Kind, V., (2004). <i>Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química</i> . Editorial Santillana, p. 110-114. |
| Para el cloruro de sodio disuelto en agua: las partículas se dispersarían, aunque algunos estudiantes pensaban que los iones cloruro y sodio seguirían atrayéndose uno al otro de manera que habría una estructura "residual" en el agua. | Kind, V., (2004). <i>Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química</i> . Editorial Santillana, p. 110-114. |

Tabla 7. Ideas previas sobre el modelo del enlace covalente.

| Idea previa | Referencia |
|--|---|
| En el enlace covalente los átomos comparten electrones para obtener capas de electrones llenas. | Taber, K. S. (1999). "Alternative frameworks in chemistry". <i>Education in Chemistry</i> , 36(5), p. 135-137. |
| Un par de electrones es compartido por dos átomos, y que en un enlace doble son dos pares de electrones los compartidos. | Kind, V., (2004). <i>Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química</i> . Editorial Santillana, p. 107-110. |
| Compartir electrones confiere estabilidad adicional a los átomos participantes y se necesita una cierta energía para romper el enlace. | Kind, V., (2004). <i>Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química</i> . Editorial Santillana, p. 107-110. |
| Se da cuando se unen dos elementos no metálicos en donde comparten electrones para completar el octeto de Lewis. | Garcés, S., Herrera, A. y Velázquez, L., (2008). "Ideas previas a nivel universitario; evolución y persistencia". <i>Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura</i> . Capítulo 2. p. 51. |
| Para que un enlace sea covalente, debe haber una diferencia de electronegatividad entre el elemento menor a 1.7. | Garcés, S., Herrera, A. y Velázquez, L., (2008). "Ideas previas a nivel universitario; evolución y persistencia". <i>Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura</i> . Capítulo 2. p.51. |
| Es el enlace que se da entre las moléculas. | Garcés, S., Herrera, A. y Velázquez, L., (2008). "Ideas previas a nivel universitario; evolución y persistencia". <i>Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura</i> . Capítulo 2. p.51. |

Conocer las ideas previas sobre modelos de enlace químico anteriormente mostradas (reportadas en la bibliografía), nos permitió explorar y conocer las ideas básicas sobre el enlace químico que traen consigo los estudiantes antes de comenzar el estudio formal del tema, pero también:

- Facilitó el diagnóstico, identificación y predicción de dificultades conceptuales, ya que a través de ellas, pudimos identificar aquellos conceptos que son difíciles de asimilar por los estudiantes y considerar algunas de las causas o dificultades que pudiesen existir para el aprendizaje de estos.
- Permitted diseñar o seleccionar métodos de enseñanza más eficaces, ya que facilitó la delimitación del tema, contenidos temáticos y estrategias sobre el enlace químico, que se desarrollaron en la propuesta didáctica.
- Finalmente, nos deja saber que el "aprendizaje" tiene muchos caminos posibles.

Capítulo 2

Unidad didáctica sobre enlace químico basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje científico

En la primera parte del segundo capítulo se abordarán las recomendaciones y estrategias que fueron consideradas para el diseño de la unidad didáctica. En la segunda parte del capítulo se describirá la intervención didáctica: las condiciones y secuencias de aplicación.

2. Metodología de la Investigación

- ❖ Diseño y desarrollo de una unidad didáctica que incluye una serie de actividades para la enseñanza de la química que contiene sesiones de modelos y el modelaje científico sobre enlace químico.
- ❖ Elaboración y validación de un cuestionario en el que se investigan el significado y los conocimientos que atribuyen los alumnos al enlace químico, así como los modelos y el modelaje en ciencias, para la evaluación de la secuencia didáctica.
- ❖ Aplicación del cuestionario a un grupo experimental (en donde se llevó a cabo la unidad didáctica) y a cuatro grupos control (en los que no se aplicó la unidad didáctica).
- ❖ Instrumentación y aplicación de la unidad didáctica con estudiantes de bachillerato, en condiciones normales de aula, dentro del contexto del primer año del Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Sur.
- ❖ Comparación y análisis de resultados.

Primera parte: Diseño de la Unidad didáctica

2.1. Recomendaciones para el diseño de la unidad didáctica

En la actualidad, la didáctica de la ciencia se concibe como una disciplina en donde *no* se puede prescribir cómo enseñar, sino más bien, se pronuncia respecto a lo que *no* debería suceder en el aula, por ello cualquier propuesta de enseñanza es considerada como una hipótesis de trabajo. Se piensa que el diseño de unidades didácticas es una de las propuestas más recientes para mejorar la enseñanza en ciencias naturales (Campanario y Moya, 1999). No obstante, el diseño de una unidad didáctica, es útil para reflexionar y poner en práctica, qué se va a enseñar y cómo, ya que a través de ellas se concretan ideas e intenciones educativas. Esto impacta directamente en el diseño de la práctica educativa, en donde el docente ve reflejado el aprendizaje respecto a nuevas teorías didácticas, ya que no basta la verbalización de estas (Sanmartí, 2000), sino es necesario aplicarlas en el aula.

Es por ello que en esta investigación se consideraron las recomendaciones de Sánchez y Valcárcel (1993), para el diseño de unidades didácticas. Estos autores proponen cinco componentes para desarrollar unidades didácticas:

- a) *Análisis científico*: Para la estructuración de los contenidos de enseñanza y la actualización científica del profesor.
- b) *Análisis didáctico*: Se indica la capacidad cognitiva del alumno (qué es capaz de hacer y aprender), sus conocimientos previos y el nivel de desarrollo operatorio en relación con las habilidades intelectuales necesarias para la comprensión del tema.
- c) *Selección de objetivo*: Discutir sus concepciones sobre el tema y reexaminarlas, hasta llevarlos a la conclusión de que algunas de sus representaciones resultan incompletas para explicar otras aplicaciones más específicas.
- d) *Selección de estrategias didácticas*. Secuencia de estrategias de enseñanza-aprendizaje propuesta por el profesor para que los alumnos aprendan el tema.
- e) *Selección de estrategias de evaluación*: La mención de los instrumentos utilizados para evaluar el aprendizaje estudiantil.

Posteriormente, también se reflexionó sobre las recomendaciones realizadas por Sanmartí (2000), para el diseño de unidades didácticas, en ellas son considerados seis criterios que se emplean de forma implícita o explícitamente:

1. *Criterios para la definición de finalidades de la enseñanza / objetivos*: ideas-matriz acerca de las finalidades de la enseñanza científica, que se considera importante enseñar, sobre cómo aprenden mejor los alumnos y sobre cómo es mejor enseñar. Estas permiten definir los objetivos generales de la unidad didáctica.
2. *Criterios para la selección de contenidos*: contenidos significativos a enseñar, justificando cuáles deben ser y qué características deben tener para que posibiliten la comprensión de los fenómenos estudiados. Para la selección es necesario reflexionar sobre: a) los tipos de contenidos, b) las relaciones entre la ciencia de los científicos y la ciencia escolar y c) significado social de estos contenidos.
3. *Criterios para organizar y secuenciar los objetivos*: selección de temáticas o ideas para organizar y secuenciar los contenidos.
4. *Criterios para la selección y secuenciación de actividades*: El profesor o profesora formula hipótesis sobre cuál puede ser el mejor itinerario de actividades para sus alumnos con el objetivo de que aprendan (posibilitando que los estudiante accedan al conocimiento), tomando en cuenta los conocimientos, características y diversidad de sus alumnos o variables como tiempo y material disponible.
5. *Criterios para la selección y secuenciación de actividades de evaluación*: Analizar qué aspectos son importantes de evaluar y diseño de actividades de evaluación.
6. *Criterios para la organización y gestión del aula*: Organización y gestión de las actividades realizadas en el aula, formas de organizar al grupo, distribución de tiempo y espacios, en función de favorecer la comunicación en el aula y atender la diversidad del alumnado.

Teniendo en cuenta las anteriores recomendaciones para el diseño de una unidad didáctica. Se abordaron y adaptaron cuatro recomendaciones tanto de la propuesta de Sánchez y Valcárcel (1993), como de la propuesta de Sanmartí (2000), para diseñar la unidad didáctica sobre enlace químico, que son los siguientes:

- Objetivos de la unidad didáctica.
- Estrategias de enseñanza-aprendizaje
- Descripción y secuenciación de actividades (incluyen las actividades de evaluación).

- Criterios para la organización y gestión en el aula.

Estas recomendaciones se seleccionaron debido a que se ajustan al diseño de la unidad didáctica basada en la enseñanza de los modelos y modelaje científico, ya que se consideran adecuadas para dar una nueva orientación en las estrategias, mismas que deben incluir actividades que favorezcan el desarrollo de competencias de pensamiento científico, una actitud más reflexiva, crítica del conocimiento y su construcción, así como la adquisición y construcción de saberes significativos en los alumnos.

2.2. Objetivos de la unidad didáctica.

Al finalizar la unidad didáctica las y los alumnos tendrían que:

- Adquirir conocimientos que posibiliten una percepción más clara y un aprendizaje significativo sobre los modelos de enlace iónico y covalente.
- Desarrollar la capacidad de construir modelos materiales bidimensionales y tridimensionales que expliquen el enlace químico, las propiedades y la estructura cristalina de las sustancias analizadas.
- Desarrollen la capacidad de socializar, reformular y constatar los modelos materiales contruados contra los de sus compañeros y los científicamente aceptados.

2.3. Estrategia de enseñanza-aprendizaje

Proceso de modelaje

Referente a los modelos y al proceso de modelaje, para la elaboración de esta propuesta se consideró el trabajo realizado por Chamizo (2010), en donde identifica tres pasos implicados en el modelaje:

- A partir de las preguntas del mundo se construye inicialmente un modelo mental, a través de conocimientos, imaginación y creatividad.
- Posteriormente se genera un modelo material basado en la recolección de datos sobre la percepción del mundo (postura empirista) y la construcción física del modelo expresado de forma material o matemática.
- Finalmente, el modelo expresado se contrasta y encaja contra los hechos del mundo.

Cabe mencionar que el proceso de modelaje se entiende como un proceso de construcción y reformulación de modelos. Este proceso se considera dinámico porque no se apega estrictamente a las etapas o sub-etapas del modelaje identificadas por algunos autores (Chamizo, 2010; Justi, 2006), debido a que el propósito de las actividades didácticas basadas en este tipo de enseñanza es fomentar en los estudiantes el desarrollo de habilidades, actitudes y la adquisición de conocimientos durante todo el proceso.

2.4. Descripción de actividades de la unidad didáctica

En esta unidad didáctica la selección de actividades se realizó considerando las recomendaciones de Sanmartí (2000), ya que permiten exponer de forma ordenada la secuenciación de las mismas:

- ✓ *Actividades de iniciación, exploración, de explicación de planteamientos de problemas o hipótesis iniciales:* Son actividades que tienen como objetivo facilitar que los estudiantes definan el problema a estudiar, a través de ellas se elabora una presentación inicial de los objetivos del trabajo. Son actividades motivadoras, que promueven el planteamiento de preguntas o problemas de investigación significativos. En ellas se analizan situaciones simples y concretas cercanas a las vivencias de los alumnos. Por lo tanto, es importante que los estudiantes perciban que sus ideas son valoradas positivamente y que se reconozcan los diversos puntos de vista.

En esta parte de la unidad didáctica sobre enlace químico basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje se utilizó la técnica POE (predice, observa y explica), también se empleó un lenguaje cotidiano para la descripción de las sustancias estudiadas y se introdujo paulatinamente el lenguaje teórico y simbólico, propio de la nomenclatura química. También se analizó una lectura sobre los tipos de modelos y el proceso de modelaje con propósito de que los estudiantes reconocieran los tipos de modelos y el modelaje en el contexto de la enseñanza de las ciencias.

- ✓ *Actividades para promover la introducción de nuevas variables, de identificación de otras formas de observar y de explicar:* Estas actividades están orientadas a favorecer que los alumnos puedan identificar nuevos puntos de vista con relación al tema estudiado, formas de resolver el problema o tareas que le permitan definir los conceptos, las relaciones entre los conceptos anteriores y los nuevos.

Como actividad para promover nuevas variables en la unidad didáctica, se incorporaron experiencias de cátedra o actividades experimentales que propiciaron la observación, explicación, representación y reflexión de la naturaleza de las sustancias analizadas.

- ✓ *Actividades de síntesis, de elaboración de conclusiones, de estructuración de conocimientos:* En estas actividades los estudiantes deben presentar evolución en sus ideas y deberán ser capaces de integrar información significativa en forma sintetizada. Estas síntesis personales se consideran provisionales, ya que los aprendizajes realizados no deben considerarse como puntos finales, sino como etapas del proceso de modelaje.

Como actividad de estructuración de conocimientos se consideraron en la estructura de la unidad didáctica actividades de modelaje, en donde la construcción de modelos materiales bidimensionales y tridimensionales, permitió que los estudiantes explicitaran sus aprendizajes, los cambios en sus puntos de vista, sus conclusiones sobre las propiedades de las sustancias analizadas y la integración de diversos códigos de representación, así como la selección de materiales.

Las actividades de modelaje se integraron con el objetivo de que los estudiantes desarrollaran las habilidades de promover la abstracción de ideas importantes, tener experiencias con el objeto a modelar, producir un modelo mental y expresarlo en diferentes formas de representación, reflexionar sobre el proceso de construcción de los modelos, llevar a cabo experimentos para verificar la validez del modelo, reconocer el límite de validez del modelo y explicar el proceso de modelaje.

✓ *Actividades de aplicación, aplicación a otros contextos y de generalización:*

Se programaron exposiciones de los modelos materiales tridimensionales, en donde los estudiantes lograron identificar los alcances y limitaciones de los modelos propuestos, así como la socialización de ideas para propiciar la comparación y reestructuración de los modelos propuestos.

- ✓ *Actividad de evaluación:* Se diseñó un instrumento de evaluación que está integrado por diferentes estrategias de evaluación. La primera actividad es el análisis de una lectura dirigida, “Desayuno con cristales”, esta tiene la finalidad de que los estudiantes contrastaran sus modelos materiales con los modelos científicamente aceptados para el enlace químico. También se integraron ítems de relación de columnas en donde se evaluaron conocimientos sobre enlace químico, modelos y modelaje, ítems de completar la frase sobre los conceptos de enlace iónico y covalente y, finalmente, ítems en donde se les pidió que realizaran un modelo material bidimensional sobre el modelo material tridimensional de la sustancia iónica, con la finalidad de que explicaran las semejanzas y similitudes con el modelo científicamente aceptado. También se les solicitó que identificaran si éste explica toda la evidencia experimental analizada durante la aplicación de la unidad didáctica.

En la evaluación se pretende que los alumnos diferencien entre los modelos materiales, construidos por ellos y los científicos (lectura), que generalmente explican más fenómenos. Lo anterior no quiere decir que los modelos materiales estén mal, o que sean falsos, simplemente su capacidad de explicación es reducida cuando se los compara con aquéllos construidos por los expertos a lo largo de muchos años de trabajo e investigación.

Finalmente, con la intención de mostrar de forma simplificada la selección de las actividades que conforman la unidad didáctica sobre enlace químico, basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje, se muestra a continuación en el siguiente diagrama.

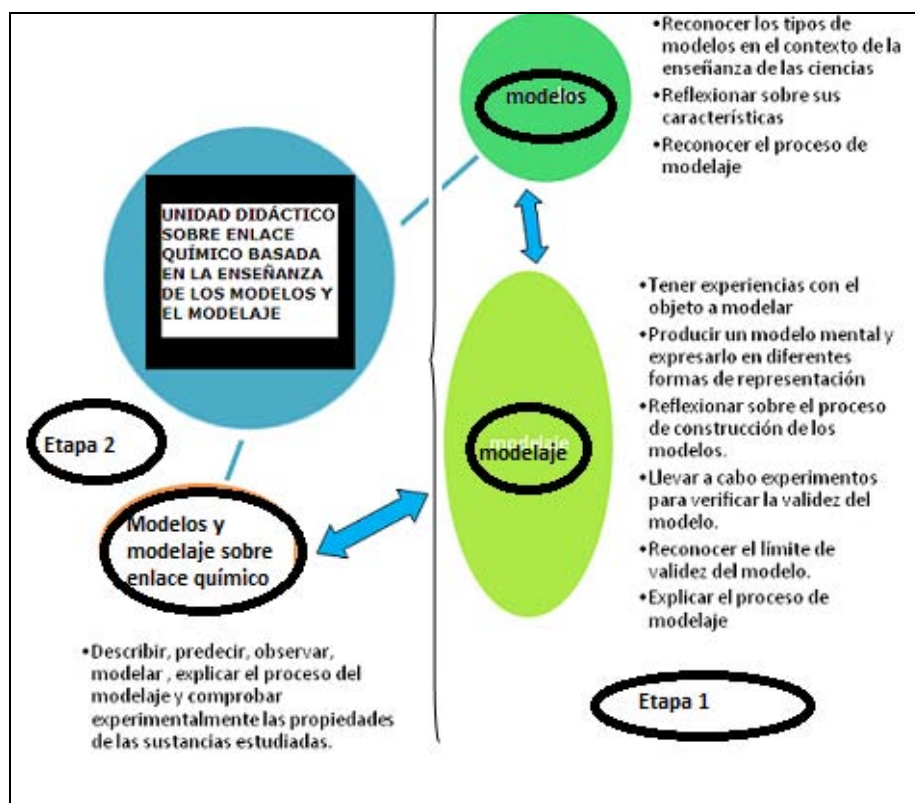


Figura 17. Descripción de las actividades de la unidad didáctica. Elaborado por Muñoz, M., (2010).

En este diagrama podemos observar que la unidad didáctica está dividida en dos etapas: en la primera etapa se integraron las secuencias relacionadas con los *modelos y modelaje*. En la segunda etapa se consideraron las secuencias relacionadas con los *modelos y modelaje sobre enlace químico*. En ambas se realizan actividades de modelaje, en la primer parte se realizan con la finalidad de que los estudiantes reconozcan y expliquen el proceso de modelaje y en la segunda parte para que modelen los enlace químicos y propiedades de las sustancias analizadas.

2.5. Secuenciación de actividades

Etapa 1: Sobre los modelos y el modelaje

En la tabla 8 se describen las principales actividades que constituyen las secuencias sobre modelos y modelaje, junto con los objetivos en términos de modelos y modelaje, y los aprendizajes esperados de cada actividad.

Tabla 8. Secuencias sobre modelos y modelaje.

| Principales actividades | Objetivos en términos de modelos y modelaje | Aprendizajes esperados |
|--|---|--|
| Secuencia 1: Tipología de modelos para la enseñanza de la ciencias | | |
| 1. Leer sobre los tipos de modelos y el modelaje en ciencias naturales. | Reconocer los tipos de modelos en el contexto de la enseñanza de las ciencias. | Que los estudiantes describan algunas características de los modelos y del proceso de modelaje. |
| 2. Resolver un cuestionario sobre la lectura sobre los modelos y el modelaje (anexo 1) | Reflexionar sobre los tipos de modelos y sus características. | Que los estudiantes utilicen el conocimiento sobre los modelos y el modelaje para pensar, escribir y hablar. |
| 3. Discutir de forma grupal las características de los modelos y el proceso de modelaje. | Explicar el proceso de modelaje. | Que los estudiantes desarrollen nuevas habilidades cognitivas e integren a su vocabulario nuevas palabra y nuevas expresiones. |
| Secuencia 2: ¿Qué hay en la caja? | | |
| 1. Analizar los contenidos de la caja. Ver el apartado en el anexo 1. | Tener experiencias con el objeto a modelar. | El profesor puede orientar a los equipos para que noten la forma en la que identificarán los objetos y promover que todos participen para que alcancen un consenso grupal. |
| 2. Hacer un modelo sobre los objetos dentro de la caja. | Producir un modelo mental y expresarlo de forma material bidimensional | Que los estudiantes construyan un modelo material bidimensional que explique las características de los objetos que hay en el interior de la caja. |
| 3. Explicar los motivos de sus dibujos. | Reflexionar sobre el proceso de construcción de los modelos. | Que los estudiantes describan algunas características de los modelos materiales bidimensionales |
| 4. Describir lo que hay en la caja y compararlo con lo que dibujaron. | Llevar a cabo experimentos para verificar la validez del modelo. Reconocer el límite de validez del modelo. | Que los estudiantes contrasten los modelos materiales bidimensionales contra las características de los objetos reales. |
| 5. Explicar el proceso del modelaje través de llenar los espacios vacíos en un diagrama. | Reconocer el proceso de modelaje. | Que los estudiantes reflexionen sobre un proceso de construcción de modelos. |

Etapa 2: Sobre los modelos y el modelaje del enlace químico

En la tabla 9 se describen las principales actividades que constituyen las secuencias sobre modelos y modelaje sobre enlace químico, los objetivos en términos de modelos y modelaje y los aprendizajes esperados (Cátala y Muñoz, 2010).

Tabla 9. Secuencias de modelos y modelaje sobre enlace químico.

| Principales actividades | Objetivos en términos de modelos y modelaje | Aprendizajes esperados |
|---|---|--|
| Secuencia 3: Las apariencias engañan | | |
| 1. Descripción de cristales. | Tener experiencias con el objeto a modelar | Que los estudiantes describan algunas características de sustancias cristalinas |
| 2. Predecir, comprobar experimentalmente y modelar la conductividad eléctrica en disolución. | Tener experiencias con el objeto a modelar. Elaborar un modelo mental y otro material. | Que los estudiantes identifiquen la solubilidad en agua y la conducción de corriente eléctrica en disolución acuosa para ambas sustancias. Que los estudiantes realicen modelos en dos dimensiones que expliquen la estructura microscópica y el comportamiento de las sustancias basadas en el modelo corpuscular de la materia. |
| 3. Explicar el proceso del modelaje. | Reconocer el proceso de modelaje. | Que los estudiantes comparen las semejanzas y las diferencias entre las sustancias utilizadas. Que los estudiantes expliquen el proceso de modelaje que siguieron para realizar su modelo |
| Secuencia 4: Sobre los efectos del calor | | |
| 1. Imaginar que se evaporan las disoluciones. | Llevar a cabo experimentos mentales y construir modelos materiales derivados de ellos. | Que los estudiantes identifiquen sus ideas previas sobre el aspecto y características de los cristales en disolución después de un proceso de evaporación. |
| 2. Probar la conductividad de la sal y el azúcar en estado sólido, modelar y explicar el proceso de modelaje. | Llevar a cabo pruebas experimentales para tener evidencia contra la que contrastar los modelos. Expresar su modelo mental en un modelo material bidimensional. | Que los estudiantes identifiquen las propiedades de las sustancias para ver cuál es la más adecuada para transferir la corriente eléctrica. |
| 3. Calentar cloruro de sodio y sacarosa e investigar la estructura molecular y cristalina de la sacarosa. | Recabar información experimental y/o documental para tener evidencia contra la que contrastar los modelos. | Que los estudiantes identifiquen las propiedades de las sustancias a partir de su comportamiento al estar en contacto con calor. |
| Secuencia 5: Comparando las propiedades de las sustancias | | |
| 1. Sintetizar los resultados de todos los experimentos en una sola tabla. | Tener experiencias con el objeto a modelar y reunir la información de manera que se pueda establecer más fácilmente una comparación. | Que los estudiantes reflexionen respecto a los fenómenos observados en las actividades experimentales realizadas con anterioridad. Que los estudiantes identifiquen los códigos y representaciones de los modelos que realizaron en las secuencias 1 y 2. |
| 2. Construir un modelo en tres dimensiones para el cloruro de sodio. | Elaborar un modelo mental. Expresar usando formas de representación. Contrastar el modelo contra la evidencia experimental. | Que los estudiantes modelen considerando las propiedades de las sustancias estudiadas. Que los estudiantes identifiquen las diferencias entre las uniones (enlaces) de las sustancias, a |

| | | |
|---|--|---|
| | | nivel atómico molecular. |
| 3. Compartir el modelo con sus compañeros. | Considerar el rango de validez y las limitaciones del modelo. Reconocer que la diferencia de comportamiento que hay entre la sal y el azúcar puede ser explicada a través del mismo modelo. | Que los estudiantes expliquen el proceso de modelaje, las representaciones y los códigos empleados con la finalidad de identificar las semejanzas y similitudes entre los modelos construidos por los otros integrantes del grupo. |
| Secuencia 6: Ventajas y limitaciones del modelo escolar comparado con el modelo científico | | |
| 1. Realizar la lectura sobre “Desayuno con cristales”. | Evaluar las habilidades, conocimientos actitudes desarrolladas por los alumnos sobre enlace químico, modelos y modelaje. | Los alumnos deberán aplicar los modelos y los aprendizajes desarrollados en las actividades anteriores a nuevas situaciones, así como comparar los modelos realizados en la clase con los modelos científicos sobre el enlace iónico y covalente. |
| 2. Evaluación del alumno y de los modelos construidos. | Considerar el rango de validez y las limitaciones del modelo. Modificar/Rechazar el modelo mental y material. | |
| 3. Indicar qué aprendiste con la unidad didáctica | Reflexión sobre todo el proceso de modelaje. | |

En el anexo 1 se muestra la unidad didáctica.

2.6. Criterios para la organización y gestión del aula

La organización de la clase, está pensada de forma cooperativa, ya que se espera que los estudiantes se ayuden y que la responsabilidad de los aprendizajes sea compartida entre los equipos y la clase. Otros criterios para la organización y gestión en el aula son los siguientes:

- Durante todo el proceso de modelaje se considera al profesor como guía, mediador, asesor, motivador del conflicto y monitor del proceso de aprendizaje.
- Considera a los estudiantes como los sujetos más importantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Se considera las habilidades cognitivas y sociales de los estudiantes.
- Se propicia la reflexión dentro del salón de clases.
- Se enfoca los recursos didácticos de acuerdo al tema.
- Se da seguimiento a las actividades realizadas a fin de detectar los errores y retroalimentar el aprendizaje.
- Se promueve un marco de respeto hacia las ideas de los estudiantes.
- Se promueve la participación activa de los estudiantes y el trabajo en equipo.
- Se concibe el aprendizaje como un sistema dinámico, auto-regulado con procesos y resultados.
- Se promueve la confrontación de ideas frente al grupo (argumentación).
- Se favorece la metacognición, ya que el estudiante está consciente de su propio proceso de aprendizaje.

Segunda parte: Aplicación de la unidad didáctica

2.7. Pruebas piloto de aplicación de la unidad didáctica

El objetivo de las aplicaciones piloto fue analizar los resultados de la experiencia de aplicación, identificando las prácticas más exitosas, así como las áreas susceptibles de mejora y las dificultades más frecuentes para los estudiantes y el docente. La intervención docente se enfocó en lograr experiencias con las sustancias a modelar, producir un modelo mental y expresarlo en diferentes formas de representación (modelos materiales bidimensionales y tridimensionales), reflexionar sobre el proceso de construcción de los modelos, llevar a cabo experimentos para verificar la validez de los modelos y reconocer los límites y alcances de los modelos materiales. El papel del docente fue de guía durante todo el proceso, evitando en lo posible dirigir las respuestas de los estudiantes hacia el concepto del enlace químico científicamente aceptado.

Las actividades de la primera prueba piloto de la unidad didáctica se realizaron en el grupo 402 de la asignatura química II, que estaba conformado por 32 estudiantes. El escenario fue el plantel "Ignacio Manuel Altamirano", del Instituto de Educación Media Superior del Gobierno del Distrito Federal. Las edades promedio de los estudiantes oscilaban entre los 17 y 18 años; provienen en su mayoría de secundarias públicas y actualmente cursan el cuarto semestre y su segundo curso a nivel medio superior de química.

La segunda aplicación de la prueba piloto (primera versión de la unidad didáctica), se realizó en las instalaciones del CCH-Sur, con el grupo 114 de la asignatura química 1, que estaba formado por 25 estudiantes. Sus edades promedio oscilan entre los 15 y 18 años. La aplicación se realizó durante la estancia de la asignatura práctica docente I, supervisada por el profesor Ramiro Gonzales Ayón. El escenario fue el Edificio A, Laboratorio de Ciencias N. 1, que consta de seis mesas horizontales provistas de dos tarjas con una llave de agua y una llave para gas, bancos y pizarrón al frente. Las actividades de la tercera aplicación piloto de la unidad didáctica, se realizaron en las instalaciones del CCH-Sur, con el grupo 134 de la asignatura química 1, que estaba conformado por 30 estudiantes. El rango promedio de las edades de los estudiantes es de 15 a 19 años. Se trabajó en la Práctica docente II, supervisada por la profesora Nadia Teresa Méndez Vargas. El escenario fue, el Edificio D, Laboratorio de Ciencias N. 12, que consta de seis mesas horizontales provistas de dos tarjas con una llave de agua y una llave para gas, bancos y pizarrón al frente. El periodo de aplicación fue del 20 de noviembre de 2008 al 3 de diciembre de 2008.

Después de realizar las aplicaciones piloto de la unidad didáctica se modificaron los siguientes aspectos: Se identificó la necesidad de introducir dos actividades previas a las cuatro actividades ya existentes, en donde se explica a los estudiantes los tipos de modelos y el proceso de modelaje, referente a la lectura sobre la tipología de modelos, fue preciso resumir y simplificar la información, ya que a los estudiantes les pareció muy extensa.; también se modificó la secuencia 5, que se enfocó a modelar de forma tridimensional al cloruro de sodio, debido a que los estudiantes no lograron construir modelos tridimensionales consistentes para la sacarosa; también se introdujo al final de la secuencia otra evaluación con el objeto de que los estudiantes realizaran una comparación más detallada de sus modelos materiales contra la evidencia experimental y los modelos científicamente aceptados.

2.8. Metodología de la aplicación final sobre la unidad didáctica

La aplicación de la unidad didáctica se realizó siguiendo los siguientes criterios:

Para el grupo experimental: Se eligió un grupo de la asignatura de química I (grupo 135-B), del Colegio de ciencias y Humanidades, plantel Sur, turno matutino. La metodología de aplicación que se realizó fue la siguiente:

- 1) Aplicación del cuestionario pre-test (antes de estudiar el contenido sobre enlace químico).
- 2) Implementación de la unidad didáctica.
- 3) Aplicación del cuestionario pos-test (Tabla 2).

El grupo estaba a cargo de la profesora Patricia Velázquez Gómez, y durante la intervención didáctica la responsable de realizar las actividades fue la profesora Mariana Muñoz Galván. Se buscó que los estudiantes estudiaran por primera vez en el bachillerato, el tema sobre enlace químico. Se organizó la aplicación de las secuencias en ocho equipos de trabajo integrados por tres estudiantes cada uno.

Para los grupos control: Se eligieron cuatro grupos de la asignatura de química I, del mismo contexto, es decir, del Colegio de ciencias y Humanidades, plantel Sur, turno matutino. La metodología de aplicación fue la siguiente:

- 1) Aplicación del cuestionario pre-test (antes de estudiar el contenido sobre enlace químico).
- 2) Implementación del plan de clase normal, es decir, se respetaron las estrategias de enseñanza-aprendizaje seleccionadas por los profesores a cargo de cada uno de los grupos.
- 3) Aplicación del cuestionario pos-test (Tabla 10).

Tabla 10. Metodología de aplicación.

| Grupos | Pre-test | Aplicación de la Unidad Didáctica | Pos-test |
|-----------------|----------|-----------------------------------|----------|
| Un experimental | Si | Sí | Si |
| Cuatro control | Si | No | Si |

Los grupos control estuvieron a cargo de los siguientes profesores: Patricia Velázquez Gómez, Nadia Méndez, Blanca Centeno y Miguel Ángel Bolaños. Los cuales poseen una formación disciplinar en carreras de química, algunos de ellos han realizado estudios en educación, es decir, poseen diferentes perfiles respecto a estilos de enseñanza, profesionalización y tiempo de experiencia (T. 11)

Tabla 11. Características del grupo experimental y los grupos control.

| Grupos | Profesor titular | Grupo | Número de estudiantes |
|--------------|---|-------|-----------------------|
| Experimental | Patricia Velázquez y Mariana Muñoz Galván | 135-B | 24 |
| Control 1 | Nadia Méndez | 134-B | 21 |

| | | | |
|-----------|----------------------|-------|----|
| Control 2 | Miguel Ángel Bolaños | 115-A | 26 |
| Control 3 | Blanca Centeno | 115-B | 25 |
| Control 4 | Patricia Velázquez | 126-B | 18 |

2.9. Contexto de aplicación

Las aplicaciones se realizaron en las instalaciones del Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel sur. El Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, se encuentra ubicado en la modalidad de bachillerato general, el tipo de plan de estudio es semestral con una duración total de tres años escolares (seis semestres). La finalidad de su modelo educativo es preparar al estudiante en todas las áreas del conocimiento. Este bachillerato proporciona al estudiante una preparación básica general que comprende conocimientos científicos, técnicos y humanísticos, conjuntamente con algunas metodologías de investigación y de dominio del lenguaje. Los planes de estudio se organizan en dos núcleos formativos; uno básico en matemáticas, ciencias naturales, ciencias sociales, lenguaje y comunicación, y otro propedéutico que se imparte en los últimos semestres y se organiza en 4 áreas: físico-matemáticas e ingenierías, biológicas y de la salud, sociales, y humanidades y artes (Zorrilla, 2008).

Es una institución que se propone formar al alumno por medio de la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que propicien en el egresado un desempeño más creativo, responsable y comprometido con la sociedad y que a la vez le posibilite para continuar estudios superiores. Las concepciones pedagógicas que siguen orientando el quehacer educativo del bachillerato del Colegio se resumen en los siguientes principios *aprender a aprender, aprender a hacer y aprender a ser* (Programa de Estudio de Química I a IV, CCH).

La materia de Química pertenece al área de Ciencias Experimentales, la cual contribuye a la cultura básica del estudiante promoviendo aprendizajes que como lo indica el Plan de estudios actualizado (1996, p. 52):

..le permitirán desarrollar un pensamiento flexible y crítico, de mayor madurez intelectual, a través de conocimientos básicos que lo lleven a comprender y discriminar la información que diariamente se presenta con visos de científica; a comprender fenómenos naturales que ocurren en su entorno o en su propio organismo; a elaborar explicaciones racionales de estos fenómenos; a valorar el desarrollo tecnológico y su uso en la vida diaria, así como a comprender y evaluar el impacto ambiental derivado de las relaciones hombre – ciencia y tecnología – naturaleza.

Se imparten cuatro asignaturas de Química (I a IV), la asignatura de Química I es una asignatura obligatoria (junto con Química II) debido a que les corresponde aportar los conocimientos básicos de la disciplina y colaborar en el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que permitirán alcanzar los propósitos del área de Ciencias Experimentales. El programa de Química I está integrado por dos unidades: “Agua, compuesto indispensable” y “Oxígeno, componente activo del aire” (Programa de Estudio de Química I a IV, CCH).

Al estudiar estas unidades es indispensable abordar el contenido sobre enlace químico, es por ello, que se realizó la intervención didáctica con estudiantes que cursaban esta asignatura (Química I), debido a que empiezan a adquirir conocimientos sobre modelos de enlace químico. Cabe mencionar

que los alumnos de los grupos experimentales ya habían estudiado los modelos atómicos por lo tanto, tenían una noción de que son los modelos.

El período de aplicación fue del 18 al 27 de noviembre de 2009. Como ya se mencionó, el grupo experimental fue 135-B de la asignatura química 1, formado por 24 estudiantes, sus edades oscilan entre los 15 y 18 años de edad. El escenario fue el Edificio D, Laboratorio de Ciencias N. 12, que consta de seis mesas horizontales provistas de dos tarjas con una llave de agua y una llave para gas, bancos y pizarrón al frente.

Cabe mencionar que esta propuesta de trabajo basada en la enseñanza de los modelos y el modelaje puede ser útil para trabajar otros temas en otros bachilleratos.

Resultados y análisis de resultados

El capítulo tres está dividido en tres partes: En la primera parte se describe la realización del cuestionario de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico. Posteriormente se muestran los resultados obtenidos de la validación y de las pruebas de confiabilidad del mismo (cuestionario pre-test y pos-test). En la segunda parte se presentan los resultados relacionados con la evaluación de la unidad didáctica, es decir la comparación entre grupos a través de la aplicación del cuestionario. Finalmente, en la tercera parte se exhiben los resultados referentes a la aplicación de la unidad didáctica (intervención didáctica).

Primera parte: Cuestionario de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico.

3. Diseño del cuestionario

En el contexto de la investigación educativa es necesario elaborar y aplicar instrumentos escritos con la finalidad de cuantificar conocimientos. Es decir, el docente necesita diseñar un cuestionario escrito para evaluar la unidad didáctica que se diseñó y así, evaluar los conocimientos adquiridos por el grupo de estudiantes al cual se aplicó (grupo experimental) y compararlos con los conocimientos adquiridos de otros grupos del mismo grado de escolaridad y del mismo contexto a los que no se les aplicó la unidad didáctica (grupos control). Por lo tanto, el propósito de este cuestionario es evaluar la eficacia de la intervención didáctica.

Para la elaboración del cuestionario, se realizó una primera versión (anexo 3) en donde los ítems provenían de la base de preguntas provenientes de las guías para extraordinarios, del CCH-Sur, estos ítems como no estaban validados y correspondían con una redacción tradicional respecto a las preguntas sobre enlace químico se consideró pertinente reestructurar por completo el cuestionario.

Por lo que, se diseñó una segunda versión del cuestionario, que constó de 10 ítems o preguntas, las cuales estaban organizadas en los siguientes tres bloques:

- ❖ Bloque I: Preguntas relacionadas con los modelos del enlace covalente polar, enlace covalente no polar y enlace iónico (1-5).
- ❖ Bloque II: Preguntas relacionadas con las propiedades físicas y químicas de sustancias iónicas y covalentes (6-8).
- ❖ Bloque III: Preguntas sobre características de modelos (9 y 10).

También se agregó una tabla al inicio, en donde se mostraban los modelos materiales bidimensionales sobre átomos en los ítems (código de representación de los ítems).

Posteriormente se realizó el método de validación “juicio de expertos” y una prueba de confiabilidad piloto, en donde se aplicó el *método de confiabilidad por mitades-partidas*, con la cual, nos percatamos que los ítems del cuestionario no estaban organizados en mitades equivalentes, por lo que fue necesario reestructurarlo de forma que estuvieran organizados bajo dos criterios: mismo

tema y grado de dificultad, con la finalidad de lograr una consistencia interna respecto ambas partes.

Con las recomendaciones de los expertos y los resultados del método de confiabilidad por mitades partidas se realizó la tercera versión del cuestionario (final), que consta de 12 preguntas, las cuales están organizadas en los siguientes seis bloques:

- ❖ Bloque I: Preguntas relacionadas con enlace químico (1 y 7).
- ❖ Bloque II: Preguntas relacionadas con las propiedades de sustancias iónicas disueltas en agua y su estructura en estado sólido (2 y 8).
- ❖ Bloque III: Preguntas relacionadas con las propiedades de sustancias covalentes polares y no polares (3 y 9).
- ❖ Bloque IV: Preguntas sobre características del modelaje (4 y 10).
- ❖ Bloque V: Preguntas relacionadas con las propiedades físicas y químicas de sustancias iónicas y covalentes (5 y 11)
- ❖ Bloque VI: Preguntas sobre características de modelos (6 y 12).

Este ***cuestionario de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico***, se muestra en el anexo 2, que se encuentra al final de la tesis.

A continuación se explicaran con mayor detalle las características de la prueba sobre validez y los métodos de confiabilidad con los que se analizó y validó el cuestionario.

3.1. Métodos de validación y confiabilidad del cuestionario (pre-test y pos-test)

El cuestionario fue aplicado dos veces (en nuestro caso al inicio y al final del estudio del tema), a las mismas personas (grupo experimental al cual se aplicó la unidad didáctica y a cuatro grupos control a los cuales no se aplicó la unidad didáctica). En este tipo de evaluaciones, es muy probable que se obtengan resultados diferentes, es decir, de la aplicación reiterada del instrumentos se obtienen una serie de puntajes que poseen un determinado grado de variabilidad (Soler, 2007). Por lo que es muy importante validar y verificar la confiabilidad del instrumento empleado. A continuación, se explicaran los métodos de validez y confiabilidad, empleados para validar el cuestionario.

3.1.1. Validez

El objetivo de validar el contenido ó la consistencia interna de un cuestionario, es definir si cumple la función para lo cual fue diseñado. En este sentido, la validez de contenido, se entiende, como el grado con el cual los ítems son una muestra representativa de las variables que se desean medir, es decir, se refiere al grado en que el instrumento refleja un dominio específico. La metodología utilizada para determinar la validez del cuestionario empleado en esta propuesta didáctica, fue la evaluación o juicio de expertos.

Evaluación o juicio de un experto: La validación o juicio de un experto, incluye una revisión de los ítems del cuestionario para evaluar contenido y la estructura interna del mismo. Los expertos que participaron en esta etapa fueron Plinio Sosa especialista en estructura de la materia, Alejandra García Franco especialista en pedagogía y José Antonio Chamizo especialista en enseñanza de la química. Los aspectos que se consideraron en la validación del cuestionario, son los siguientes:

- ¿Cada ítem parece medir el contenido con el que se relaciona?
- ¿Permiten estos ítems clasificar los encuestados en grupos importantes para la investigación?
- ¿Están correctamente escritos los ítems?
- ¿Cada formato está precedido de las instrucciones adecuadas?
- ¿Son claras las instrucciones?
- ¿Hay errores gramaticales u ortográficos?
- ¿Es el formato y la distribución de ítems agradable a la vista?

Las recomendaciones emitidas por los expertos fueron respecto a la integración de preguntas con imágenes (modelos materiales bidimensionales) relacionadas con el concepto sobre enlace químico covalente y iónico, así como la reelaboración de los ítems sobre modelos y sobre modelaje. También se realizaron correcciones de errores gramaticales u ortográficos y en términos generales, se mejoró el formato y la distribución de ítems para que fueran más agradables a la vista.

3.2. Confiabilidad

Existen diversos *procedimientos para calcular la confiabilidad* de un instrumento de medición. Todos utilizan fórmulas que producen *coeficientes de confiabilidad*. Estos coeficientes *pueden oscilar entre 0 y 1*. Donde un coeficiente de 0 significa nula confiabilidad y 1 representa un máximo de confiabilidad (confiabilidad total). Entre más se acerque el coeficiente a cero (0), hay mayor error en la medición. Esto se ilustra en la siguiente figura.

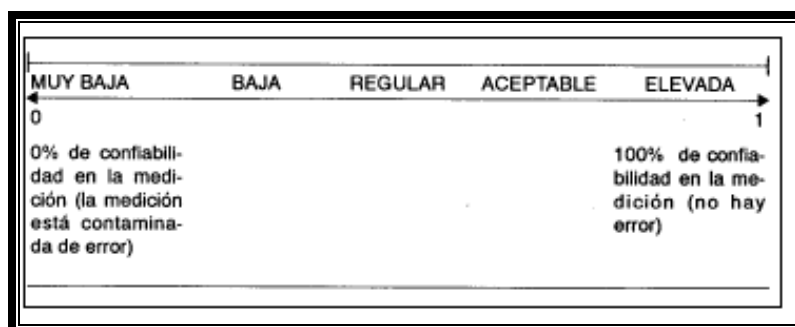


Figura 18. Interpretación de un coeficiente de confiabilidad imagen tomada de Sampieri, Collado y Lucio (2003, p.353).

Fueron tres las metodologías utilizadas para determinar la confiabilidad del cuestionario, a continuación se describirán las características de cada una de ellas.

Método de mitades partidas

El primer método empleado para determinar la confiabilidad del cuestionario fue el *Método de mitades partidas* (split-halves). Este método requiere sólo una aplicación de la medición, en donde, el conjunto total de ítems (o componentes) es dividido en dos mitades y las puntuaciones o resultados de ambas son comparados. Si el instrumento es confiable, las puntuaciones de ambas mitades deben estar fuertemente correlacionadas. Un cuestionario con baja puntuación en una mitad, tenderá a tener también una baja puntuación en la otra mitad. El procedimiento se muestra en el diagrama en la siguiente figura 19.

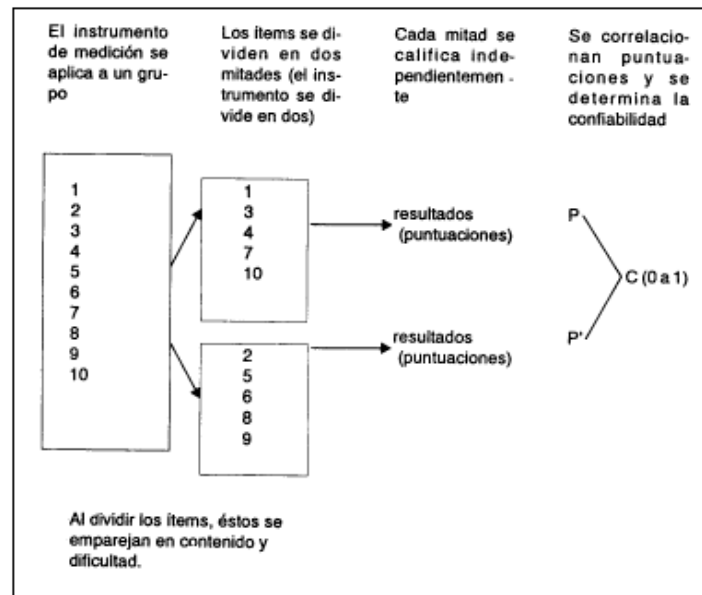


Figura 19 .Esquema del procedimiento de mitades-partidas, imagen tomada de Sampieri, Collado y Lucio (2003, p.355).

Coefficiente alfa de Crombach

El segundo método utilizado para determinar la consistencia interna del cuestionario fue el coeficiente alfa de Crombach. Este coeficiente requiere de una sola administración del instrumento de medición y producen valores que oscilan entre 0 y 1. Su ventaja reside en que no es necesario dividir en dos mitades a los ítems del instrumento de medición: simplemente se aplica la medición y se calcula el coeficiente, la manera de calcular este coeficiente se describe a continuación:

1. Sobre la base de la varianza de los ítems, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{N}{(N-1) (1 - \sum s^2(y_i) / s^2x)}$$

Donde N es igual al número de ítems de la escala, $\sum s^2(y_i)$ es igual a la sumatoria de las varianzas de los ítems y s^2x es igual a la varianza de toda la escala.

2. Sobre la base de la matriz de correlación de los ítems el procedimiento es el siguiente:

- A) Aplicar la escala
- B) Obtener los resultados (tablas 1 y 2)
- C) Calcular los coeficientes de correlación r de Pearson entre todos los ítems (todos contra todos de par en par).
- D) Elaborar la matriz de correlación con los coeficientes obtenidos (Sampieri, Collado y Lucio, 2003).

Se debe considerar que, en general, cuando se aplica un test de cualquier tipo, el puntaje obtenido depende de un conjunto de condiciones internas (propias del examinado) y externas (medio) y por tanto, el mismo test aplicado a la misma persona pero en momentos diferentes puede arrojar puntajes diferentes. En la práctica se encuentran frecuentemente numerosos factores difíciles de controlar y que a la larga determinan la inconsistencia de los puntajes de un test. Crombach, hace referencia a cuatro grupos de factores: Características generales y duraderas del examinado, características duraderas y específicas del examinado, características generales y momentáneas del examinado y características temporales y no generales del examinado (Soler, 2007).

Finalmente y como ya se mencionó, el cuestionario se sometió a la validación a juicios de expertos y a tres pruebas de confiabilidad: método de mitades partidas, el método de test-retest y coeficiente de alfa de Crombach, como resultado de estas pruebas de validación y confiabilidad, se concluye que el cuestionario demostró tener una confiabilidad positiva aceptable, los resultados sobre estas pruebas se presentan a continuación.

Confiabilidad por test- retest

El tercer método empleado para determinar la confiabilidad del cuestionario fue la Medida de estabilidad (confiabilidad *por test-retest*). En este procedimiento un mismo instrumento de medición (o ítems) se aplica dos o más veces a un mismo grupo de personas, después de cierto período. Si la correlación entre los resultados de las diferentes aplicaciones es altamente positiva, el instrumento se considera confiable. Se trata de una especie de diseño panel. Desde luego el período entre las mediciones es un factor a considerar. Si el período es largo y la variable susceptible de cambios, ello suele confundir la interpretación del coeficiente de confiabilidad obtenido por este procedimiento. Y si el período es corto las personas pueden recordar como respondieron en la primera aplicación del instrumento, con lo que el cuestionario puede parecer más consistentes de lo que en realidad es.

Para estimar la correlación de los datos obtenidos se consideraron los criterios del coeficiente de Pearson, estos puede variar en un rango de -1.00 a 1.00 donde:

| |
|--|
| 0.50= correlación positiva media. |
| 0.75= correlación positiva considerable. |
| 0.90 =correlación positiva muy fuerte. |
| 1.0= correlación positiva perfecta. |

3.3. Resultados y análisis de las pruebas de confiabilidad del cuestionario (pretest y postest)

El contexto de aplicación de las pruebas de confiabilidad del **cuestionario de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico** fue: el plantel “Felipe Carrillo Puerto”, del Instituto de Educación Media Superior del Gobierno del Distrito Federal. Las pruebas de confiabilidad se realizaron a los grupos 304 y 408 de la asignatura química I y química II. Las edades promedio de los estudiantes oscilan entre los 16 y 20 años; provienen en su mayoría de secundarias públicas que cursan el tercer y cuarto semestre de preparatoria. En esta etapa del desarrollo del cuestionario, lo que se evaluó fue la confiabilidad del instrumento, por lo tanto, no se considerarán los conocimientos que los alumnos poseen sobre el contenido de enlace químico. Los métodos para estimar la confiabilidad del cuestionario que se realizaron fueron los siguientes: Primer método: Método de mitades partidas (split-halves), segundo método: Coeficiente de confiabilidad de Alfa- Cronbach y tercer método: Medida de estabilidad (confiabilidad *por test-retest*). Algunos ejemplos de los datos obtenidos en estas pruebas de confiabilidad se describen a continuación.

3.3.1. Aplicación del Método de Mitades Partidas

El registro de datos se realizó anotando el inciso marcado por los estudiantes de los grupos 304 y 408, al responder el cuestionario, los criterios fueron asignar un número a cada opción o inciso del cuestionario, de la siguiente forma: a) 1, b) 2, c) 3, d) 4 y e) 5. Los espacios en blanco corresponden a cuando no se señalaba ninguna respuesta. En la tabla 1 y 2 se muestra un ejemplo de los datos obtenidos y su registro a través de la aplicación del “Método mitades partidas”. En la tabla 12, se muestra el registro de categorías señaladas por los estudiantes del grupo 304 en la primera parte del cuestionario y en la tabla 13, se muestra el registro de categorías señaladas por los estudiantes de grupo 304, en la segunda parte del cuestionario.

Tabla 12. Primera parte del cuestionario grupo, 304.

| Estudiante | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | 2 |
| 2 | 2 | 5 | 1 | 4 | 4 | 1 |
| 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 5 | 4 |
| 4 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 |
| 5 | 1 | 5 | 2 | 1 | 5 | 4 |
| 6 | 1 | 5 | 2 | 1 | 5 | 4 |
| 7 | 2 | 5 | 5 | 5 | 3 | 4 |
| 8 | 5 | 3 | 4 | 4 | 1 | 4 |
| 9 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | 2 | 2 | 5 | 3 | 1 | 1 |
| 11 | 1 | 5 | 3 | 3 | 5 | 4 |
| 12 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| 13 | 5 | 5 | 2 | 4 | 3 | 5 |
| 14 | 5 | 5 | 2 | 4 | 3 | 4 |
| 15 | 4 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 |
| 16 | 5 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 17 | 2 | 5 | 4 | 4 | 2 | 5 |
| 18 | 2 | 5 | 4 | 4 | 1 | 5 |
| 19 | 2 | 1 | 5 | 4 | 2 | 5 |
| 20 | 5 | 3 | 1 | 2 | 4 | 5 |
| 21 | 1 | 3 | 3 | 2 | 5 | 1 |
| Suma: | 57 | 73 | 64 | 64 | 63 | 74 |

Tabla 13. Segunda parte del cuestionario grupo, 304.

| Estudiante | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 4 | 1 | 2 | 5 | 2 | 2 |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| 3 | 2 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 |
| 4 | 4 | 3 | 1 | 1 | 5 | 3 |
| 5 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 6 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 7 | 1 | 3 | 2 | 5 | 5 | 4 |
| 8 | 4 | 4 | 1 | 5 | 3 | 2 |
| 9 | 2 | 4 | 5 | 1 | 2 | 2 |
| 10 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| 11 | 2 | 3 | 2 | 5 | 5 | 3 |
| 12 | 2 | 4 | 3 | 5 | 3 | 1 |
| 13 | 5 | 3 | 2 | 5 | 5 | 4 |
| 14 | 5 | 3 | 2 | 5 | 3 | 4 |
| 15 | 2 | 1 | 2 | 1 | 5 | 2 |
| 16 | | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 |
| 17 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 18 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| 19 | | 5 | 4 | 5 | 4 | 2 |
| 20 | | 4 | 3 | 1 | 3 | 4 |
| 21 | | 4 | 5 | 1 | | 2 |
| Suma: | 57 | 73 | 64 | 64 | 63 | 74 |

3.3.2. Aplicación del Método de Coeficiente de Confiabilidad Alfa-Cronbach

El coeficiente de correlación alfa de Cronbach, es un índice de consistencia interna que toma valores entre 0 y 1. Sirve para comprobar si el instrumento que se evalúa se trata de un instrumento fiable que hace mediciones estables y consistentes. Por lo tanto, es un coeficiente que a grandes rasgos mide la homogeneidad de las preguntas promediando todas las correlaciones entre todos los ítems para ver si efectivamente, se parecen (Merino y Lautenschlager, 2003). Su interpretación considera que cuando más se acerque el índice al extremo 1, mejor es la confiabilidad, considerando una confiabilidad respetable a partir de 0.80.

El registro de datos se realizó a partir del análisis de los incisos marcados por los estudiantes de los grupos 304 y 408, al responder el cuestionario. En la tabla 14, se muestran los coeficientes de correlación de confiabilidad Alfa-Cronbach, obtenidos en una de las pruebas realizadas al grupo 408.

Tabla 14. Ejemplo de coeficientes de correlación de confiabilidad Alfa-Cronbach del grupo 408.

| Ítems | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|----|---------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | NO | -0.1707 | -0.20954 | 0.3018 | -0.1913 | 0.0932 | 0.6235 | -0.0349 | -0.2793 | 0.3464 | 0.1351 | -0.4159 |
| 2 | YA | NO | -0.3000 | 0.0912 | 0.2689 | 0.2791 | 0.0817 | -0.3300 | -0.3777 | -0.1498 | 0.0256 | 0.4 |
| 3 | YA | YA | NO | 0.3675 | -0.5517 | 0.0453 | -0.1466 | -0.1466 | -0.0600 | 0.2184 | -0.0364 | -0.4159 |
| 4 | YA | YA | YA | NO | -0.2626 | 0.04105 | 0.3229 | -0.0990 | -0.2892 | 0.5816 | 0.0244 | 0.1418 |
| 5 | YA | YA | YA | YA | NO | -0.0481 | -0.3897 | 0.2032 | 0.4065 | -0.0664 | 0.1145 | 0.4109 |
| 6 | YA | YA | YA | YA | YA | NO | 0.1554 | 0.1391 | -0.1171 | 0.1609 | 0.2622 | 0.2430 |
| 7 | YA | YA | YA | YA | YA | YA | NO | -0.1375 | -0.4460 | 0.2472 | 0.0064 | 0.1799 |
| 8 | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | NO | 0.5424 | 0.2912 | 0.2438 | 0.1295 |
| 9 | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | NO | -0.1334 | -0.2974 | -0.1568 |
| 10 | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | NO | 0.3942 | 0.0624 |
| 11 | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | NO | 0.3684 |
| 12 | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | YA | NO |

Nota: Los coeficientes que se mencionan como YA, son los que ya fueron calculados; cada coeficiente se incluye una sola vez y los coeficientes de las mismas puntuaciones también se excluyen (NO).

Se realizaron los cálculos p (promedio) = $\sum p / NP$

$\sum p$ es la sumatoria de las correlaciones y NP el número de correlaciones no repetidas o no excluidas.

Empleando los valores de la tabla 3, p (promedio) = 1.79860139 y $N = 10$

Finalmente aplique la siguiente fórmula:

$$\alpha = Np \text{ (promedio)} / 1 + p (N-1)$$

Donde N es el número de ítems y p el promedio de las correlaciones entre ítems.

$$\alpha = 10 (1.79860139) / 2.79860139 (9)$$

$\alpha = 0.7619538$ un valor de confiabilidad positiva.

3.3.3. Aplicación del Método de Test- retest

En este procedimiento un mismo instrumento de medición (o ítems) se aplica dos veces a un mismo grupo de personas (grupos 304 y 408), por lo que el registro de datos se realizó incluyendo sólo a los estudiantes que se presentaron a ambas pruebas. En la tabla 15, se muestra el registro de categorías señaladas por los estudiantes en la primera aplicación del cuestionario y en la tabla 16, se muestra el registro de categorías señaladas por los estudiantes en la segunda aplicación del cuestionario.

Tabla 15. Valores obtenidos de la primera aplicación del cuestionario

| Ítems Est. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2 | 2 | 5 | 1 | 4 | 4 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 5 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 3 | 3 |
| 4 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 4 | 4 | 3 | 1 | 1 | 5 | 3 |
| 5 | 1 | 5 | 2 | 1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 6 | 1 | 5 | 2 | 1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| 10 | 2 | 2 | 5 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| 12 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 | 1 |
| 13 | 5 | 5 | 2 | 4 | 3 | 5 | 2 | 3 | 2 | 5 | 5 | 4 |
| 14 | 5 | 5 | 2 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 2 | 5 | 3 | 4 |
| 17 | 2 | 5 | 4 | 4 | 2 | 5 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 19 | 2 | 1 | 5 | 4 | 2 | 5 | 2 | 5 | 4 | 5 | 4 | 2 |
| 20 | 5 | 3 | 1 | 2 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 1 | 3 | 4 |
| 21 | 1 | 3 | 3 | 2 | 5 | 1 | | 4 | 5 | 1 | | 2 |
| 22 | 5 | 3 | 1 | 2 | 4 | 5 | | 4 | 3 | 1 | 3 | 4 |
| 23 | 1 | 3 | 3 | 2 | 5 | 1 | | 4 | 5 | 1 | | 4 |
| Suma | 39 | 50 | 40 | 41 | 50 | 51 | 31 | 49 | 43 | 35 | 39 | 44 |

Tabla 16. Valores obtenidos de la Segunda aplicación del cuestionario.

| Ítems Est. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 5 | 1 | 4 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 1 |
| 2 | 3 | 1 | 3 | 5 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 |
| 3 | 1 | 3 | 1 | 4 | 5 | 1 | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 4 | 1 | 5 | 3 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 5 | 1 | 5 | 3 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 6 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| 7 | 1 | 4 | 3 | 4 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 5 | 3 |
| 8 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 2 | 1 | 4 | 5 | 2 | 1 |
| 9 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 4 | 2 |
| 10 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 1 | 4 | 3 | 5 | 4 |
| 11 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 12 | 2 | 5 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| 13 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 | 2 | 5 | 4 | 5 | 4 | 2 |
| 14 | 5 | 3 | 4 | 2 | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 1 | 5 | 2 |
| 15 | 1 | 5 | 1 | 2 | 3 | 1 | | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 |
| Suma | 31 | 55 | 41 | 43 | 49 | 51 | 32 | 39 | 44 | 29 | 49 | 30 |

Análisis de resultados de las pruebas de confiabilidad del cuestionario.

Los resultados obtenidos a partir de los resultados mostrados con anterioridad (ejemplos), sobre las pruebas de confiabilidad realizadas a los grupos 304 y 408, se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Resultados de las pruebas de confiabilidad del cuestionario.

| GRUPO | COEFICIENTES MÉTODO MITADES PARTIDAS | COEFICIENTE DE CONFIABILIDAD ALFA-CROMBACH | MÉTODO TEST- RETEST |
|--------------------|--------------------------------------|--|---------------------|
| 304 | 0.9278 | 0.7619 | 0.8941 |
| 408 | 0.9158 | 0.7135 | 0.9207 |
| CORRELACIÓN | Positiva muy fuerte | Consistencia interna positiva considerable | Positiva muy fuerte |

El análisis de los coeficientes de confiabilidad obtenidos por el método de mitades partidas y el método test- retest, nos indican que el cuestionario posee una correlación positiva muy fuerte, debido a que los valores se encuentran por arriba de 0.9, de acuerdo con los criterios del coeficiente de Pearson.

Segunda parte: Resultados y análisis de la aplicación del cuestionario de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico

3.4. Resultados de la primera aplicación del cuestionario (pre-test)

A continuación se reportan los resultados obtenidos de la primera aplicación del cuestionario, en esta etapa todavía *no* se imparte el tema sobre enlace químico a los grupos control y tampoco se realiza la intervención didáctica al grupo experimental. Esta aplicación tiene la finalidad de identificar si los a

lumnos se encuentran al mismo nivel respecto a conocimientos sobre enlace químico. En la tabla 18 se muestran los resultados (porcentaje de respuestas correctas) de la primera aplicación del cuestionario (pre-test) y en la tabla 19 las diferencias encontradas entre los porcentajes de respuestas correctas, del grupo experimental contra los resultados de los cuatro grupos control.

Tabla 18. Resultados obtenidos de la primera aplicación del cuestionario (pre-test), en donde se observan los datos en porcentajes de respuesta correcta por pregunta.

| Pregunta N. | Experimental | Control 1 (%) | Control 2 (%) | Control 3 (%) | Control 4 (%) | Promedio (%) control |
|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1 | 16.6 | 0 | 9.52 | 0 | 11.1 | 5.15 |
| 2 | 20.8 | 52.38 | 47.61 | 36 | 38.8 | 43.69 |
| 3 | 79.16 | 85.71 | 90.47 | 64 | 66.6 | 76.69 |
| 4 | 37.5 | 33.3 | 14.28 | 20 | 27.7 | 23.82 |
| 5 | 62.5 | 80.95 | 47.61 | 56 | 94.4 | 69.74 |
| 6 | 62.5 | 66.6 | 61.90 | 68 | 61.1 | 64.4 |
| 7 | 62.5 | 47.61 | 76.19 | 20 | 44.4 | 47.05 |
| 8 | 16.6 | 52.38 | 42.85 | 28 | 66.6 | 47.45 |
| 9 | 33.3 | 61.90 | 47.61 | 36 | 44.4 | 47.47 |
| 10 | 70.83 | 85.71 | 53.38 | 56 | 66.6 | 65.42 |
| 11 | 20.8 | 19.04 | 23.80 | 20 | 44.4 | 26.81 |
| 12 | 78.83 | 57.14 | 53.38 | 60 | 61.1 | 57.90 |
| Promedio | 46.82 | 53.56 | 47.38 | 38.66 | 52.26 | 47.96 |

Tabla 19. Resultados obtenidos de la primera aplicación del cuestionario (pre-test), en donde se observan las diferencias en los porcentajes de respuesta correcta por pregunta del grupo experimental y el promedio de los cuatro grupos control.

| Pregunta N. | Experimental | Promedio (%) control | Diferencia Exp-control |
|-------------|--------------|----------------------|------------------------|
| 1 | 16.6 | 5.15 | 11.45 |
| 2 | 20.8 | 43.69 | -22.89 |
| 3 | 79.16 | 76.69 | -0.53 |
| 4 | 37.5 | 23.82 | 13.68 |
| 5 | 62.5 | 69.74 | -7.24 |
| 6 | 62.5 | 64.40 | -1.9 |
| 7 | 62.5 | 47.05 | 15.45 |
| 8 | 16.6 | 47.45 | -30.85 |
| 9 | 33.3 | 47.47 | -14.17 |
| 10 | 70.83 | 65.42 | 5.41 |
| 11 | 20.8 | 26.81 | -6.01 |
| 12 | 78.83 | 57.90 | 20.93 |
| Promedio | 46.82 | 47.96 | -1.14 |

El análisis de resultados obtenidos a partir de los datos que se observan en la tabla 7 y 8, respecto al grupo control 4, es el que presenta mayor porcentaje de preguntas correctas, le sigue el control 1, luego el control 2, después el grupo experimental y finalmente el control. 3. Como todavía no se imparte el tema sobre enlace químico en los grupos control y tampoco se ha realizado la intervención didáctica en el grupo experimental, estos valores indican que los alumnos poseen algunos conocimientos sobre el tema, pero en términos generales se encuentran al mismo nivel, ya que las diferencias entre los porcentajes de respuestas correctas del grupo experimental, contra el promedio de los porcentajes de respuestas correctas de los cuatro grupos control, varían muy poco.

3.5. Resultados de la segunda aplicación del cuestionario (post-test)

A continuación se reportan los resultados (porcentajes de respuestas correctas), obtenidos de la segunda aplicación del cuestionario, es decir en el grupo experimental ya se realizó la intervención didáctica y los cuatro grupos control ya estudiaron el tema (enlace químico), cabe mencionar que en ambos casos el cuestionario se aplicó después de ver el tema. En la tabla 20 se muestran los

resultados (porcentaje de respuestas correctas) de la segunda aplicación del cuestionario (pos-test) y en la tabla 21 se muestran las diferencias encontradas entre los porcentaje de respuestas correctas del grupo experimental comparadas con los cuatro grupos control.

Tabla 20. Resultados generales obtenidos de la segunda aplicación del cuestionario (pos-test), en donde se presentan los datos en porcentajes de respuesta correcta por pregunta.

| Pregunta N. | Experimental (%) | Control 1 (%) | Control 2 (%) | Control 3 (%) | Control 4 (%) | Promedio (%)grupos control |
|-----------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------|
| 1 | 20.83 | 4.76 | 9.52 | 4 | 11.1 | 7.34 |
| 2 | 91.6 | 66.6 | 66.6 | 32 | 44.4 | 52.4 |
| 3 | 79.16 | 80.95 | 80.9 | 80 | 77.7 | 79.88 |
| 4 | 58.3 | 19 | 42.8 | 28 | 27.7 | 29.37 |
| 5 | 62.5 | 66.6 | 57.14 | 68 | 77.7 | 67.36 |
| 6 | 91.66 | 71.4 | 47.6 | 60 | 66.6 | 61.4 |
| 7 | 70.82 | 80.9 | 76.14 | 72 | 72.2 | 75.31 |
| 8 | 87.5 | 57.1 | 33.3 | 64 | 88.8 | 60.8 |
| 9 | 50 | 61.9 | 61.9 | 68 | 50 | 60.45 |
| 10 | 83.3 | 61.9 | 57.14 | 44 | 66.12 | 57.29 |
| 11 | 58.33 | 23.8 | 19.04 | 40 | 44.4 | 31.81 |
| 12 | 100 | 76.19 | 76.19 | 64 | 72.2 | 72.14 |
| Promedio | 71.16 | 55.92 | 52.35 | 52 | 58.24 | 54.63 |

Tabla 21. Resultados obtenidos de la segunda aplicación del cuestionario (pos-test), en donde se observan las diferencias en los porcentajes de respuesta correcta por pregunta del grupo experimental contra el promedio los cuatro grupos control.

| Pregunta N. | Experimental (%) | Promedio (%)grupos control | Diferencia Exp-Control |
|-----------------|------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | 20.83 | 7.34 | 13.19 |
| 2 | 91.6 | 52.4 | 39.2 |
| 3 | 79.16 | 79.88 | -0.72 |
| 4 | 58.3 | 29.37 | 28.93 |
| 5 | 62.5 | 67.36 | -4.86 |
| 6 | 91.66 | 61.4 | 20.26 |
| 7 | 70.82 | 75.31 | -4.49 |
| 8 | 87.5 | 60.8 | 26.7 |
| 9 | 50 | 60.45 | -10.45 |
| 10 | 83.3 | 57.29 | 26.01 |
| 11 | 58.33 | 31.81 | 26.52 |
| 12 | 100 | 72.14 | 27.86 |
| Promedio | 71.16 | 54.62 | 15.66 |

El análisis de los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico, muestran que en términos generales el grupo experimental es el que obtuvo mayor porcentaje de respuestas correctas (71.16%), en comparación con los resultados expresados en promedio del porcentaje de respuestas correctas de los grupos control (54.62%). Esto es muy significativo, ya que demuestra que la intervención didáctica mejoró el porcentaje de respuestas correctas, por lo tanto, los alumnos que desarrollaron las actividades propuestas en la unidad didáctica adquirieron más conocimientos de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico.

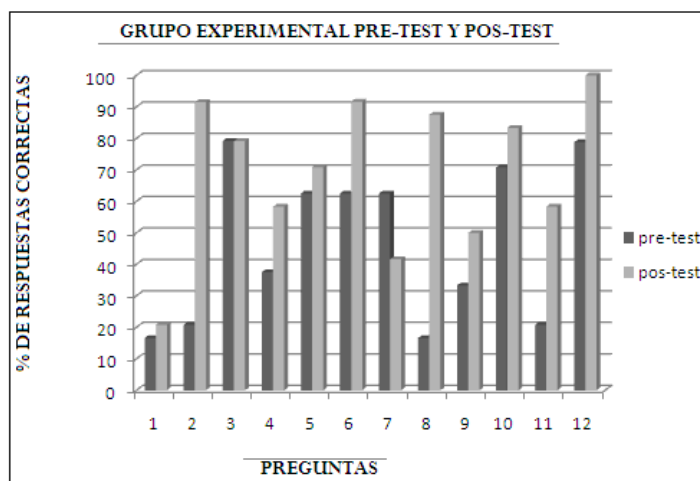
3.6. Resultados y análisis de las aplicaciones del cuestionario de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico, para el grupo experimental (pre-test y pos-test)

A continuación (tabla 22 y grafica 1), se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario pre-test y pos-test del grupo experimental.

Tabla 22. Resultados obtenidos de la primera y de la segunda aplicación del cuestionario (pre-test y pos-test), en donde se presentan los datos en porcentajes de respuesta correcta por pregunta del grupo experimental.

| Pregunta | Pos-test Experimental (%) | Pre-test Experimental (%) | Diferencia (%) |
|----------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| | 20.83 | 16.6 | 4.23 |
| 2 | 91.6 | 20.8 | 70.8 |
| 3 | 79.16 | 79.16 | 0 |
| 4 | 58.3 | 37.5 | 20.8 |
| 5 | 62.5 | 62.5 | 0 |
| 6 | 91.66 | 62.5 | 28.83 |
| 7 | 70.82 | 62.5 | -8.32 |
| 8 | 87.5 | 16.6 | 70.9 |
| 9 | 50 | 33.3 | 16.7 |
| 10 | 83.3 | 70.83 | 12.47 |
| 11 | 58.33 | 20.8 | 37.5 |
| 12 | 100 | 78.83 | 21.17 |
| Promedio | 71.16 | 46.82 | 22.92 |

Gráfica 1. Resultados obtenidos respecto a la aplicación del cuestionario (pretest y postest), en donde se observan los datos en porcentajes de respuesta correcta por pregunta sobre el grupo experimental.



El análisis de los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario de los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico (pre-test y pos-test), muestran que en términos generales

hay un mayor porcentaje de respuestas correctas por pregunta en la segunda aplicación (pos-test) del cuestionario en el grupo experimental en comparación con la primera aplicación (pre-test). Este resultado se atribuye a que los estudiantes adquirieron más conocimientos respecto a los modelos sobre enlace químico, modelos y modelaje científico, como consecuencia de la intervención didáctica.

3.7. Resultados y análisis de la segunda aplicación del cuestionario (pos-test), con relación a las categorías señaladas por pregunta.

Para un mejor análisis de los resultados se dividió el cuestionario en seis bloques (tabla 23).

Tabla 23. Muestra la organización del cuestionario en seis bloques, con relación al porcentaje de respuestas correctas por pregunta del grupo experimental (pos-test) y del promedio de los porcentajes de respuestas correctas por pregunta de los cuatro grupos control (pos-test).

| Bloque | Tema | Preguntas | Pos-test (%) Experimental | Promedio Pos-test(%) controles | $\Delta = P_{ex} - P_c$ |
|------------|---|-----------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Bloque I | Enlace químico. | 1 | 20.83 | 7.34 | 4.5 |
| | | 7 | 70.82 | 75.31 | |
| Bloque II | Propiedades de sustancias iónicas disueltas en agua y su estructura en estado sólido. | 2 | 91.6 | 52.4 | 32.95 |
| | | 8 | 87.5 | 60.8 | |
| Bloque III | Propiedades de sustancias covalentes polares y no polares. | 3 | 79.16 | 79.88 | -5.58 |
| | | 9 | 50 | 60.45 | |
| Bloque IV | Características del modelaje. | 4 | 58.3 | 29.37 | 27.5 |
| | | 10 | 83.3 | 57.29 | |
| Bloque V | Propiedades físicas y químicas de sustancias iónicas y covalentes. | 5 | 62.5 | 67.36 | 10.83 |
| | | 11 | 58.33 | 31.81 | |
| Bloque VI | Características de los modelos. | 6 | 91.66 | 61.4 | 29.06 |
| | | 12 | 100 | 72.14 | |

En la tabla anterior observamos que en los bloques I, II, IV, V y VI, el grupo experimental obtuvo porcentajes de respuestas correctas mayores en comparación con los grupo control, estos resultados indican que con la aplicación de la unidad didáctica (intervención didáctica), los estudiantes del grupo experimental adquirieron más conocimientos sobre: Enlace químico, propiedades de sustancias iónicas disueltas en agua y su estructura en estado sólido, características del modelaje, propiedades físicas y químicas de sustancias iónicas y covalentes y características de los modelos. Sólo se presentó un decremento de respuestas correctas para el grupo experimental en el bloque III, lo que indica que los estudiantes de los grupos control adquirieron más conocimiento sobre propiedades de sustancias covalentes polares y no polares.

Después de haber aplicado la unidad didáctica (grupo experimental) y de estudiar el tema (grupos control), se obtuvieron los siguientes porcentajes de respuestas de cada categoría (a, b, c, d y e) de las preguntas que conforman el cuestionario como se muestra a continuación.

3.7.1. Bloque I: Preguntas relacionadas con enlace químico (1 y 7).

| Pregunta 1 | El enlace químico se entiende como: | | |
|-----------------|--|---|--|
| Opción correcta | Categorías | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Promedio Pos-test (%) G. Controles |
| a) | La unión física entre diferentes sustancias | 0 | 3.38 |
| b) | Fuerzas de atracción entre átomos | 62.5 | 81.47 |
| c) | La afinidad entre diferentes sustancias | 0 | 1 |
| d) | La ganancia o pérdida de electrones | 16.6 | 6.76 |
| e) | Interacciones eléctricas entre núcleos y electrones o entre iones vecinos. | 20.83 | 7.34 |

En la pregunta 1, el grupo experimental obtuvo un porcentaje alto para el inciso *b* (62.5%), esto se debe a que los estudiantes modelaron la sustancia iónica de forma tridimensional, en donde las explicaciones sobre el enlace iónico fueron respecto a que *un átomo transfiere uno o más electrones a otro átomo y los iones resultantes se mantienen agrupados por la atracción de cargas opuestas. El sodio es un metal que tiene una electronegatividad muy baja, por ello al reaccionar con el cloro, se forman iones Na⁺ y Cl⁻ que se atraen de acuerdo con la ley de Coulomb.* El origen de este modelo de enlace es puramente electrostático. Es por ello, que prevalece la idea sobre el enlace químico como fuerzas de atracción en los estudiantes. Por lo tanto, la definición sobre enlace químico como interacciones eléctricas entre núcleos y electrones o entre iones vecinos, sólo fue señalada por el 20.83% de los estudiantes. El promedio de los porcentajes de respuesta correcta correspondiente a los grupos control, también entienden al enlace químico como las fuerzas de atracción entre átomos.

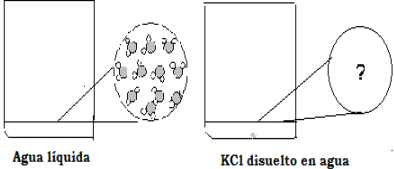
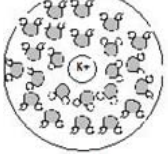
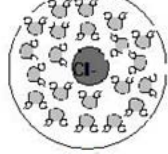
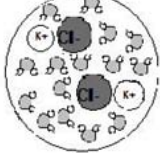
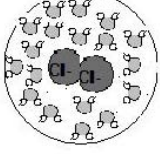
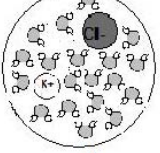
| Pregunta 7 | ¿Cuál de los siguientes modelos atómicos es el mejor para explicar al enlace químico? | | |
|-----------------|---|---|--|
| Opción correcta | Categorías | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Promedio Pos-test (%) G. Controles |
| a) | Modelo de Demócrito | 0 | 1 |
| b) | Modelo de Dalton | 12.5 | 3.38 |
| c) | Modelo de Thomson | 4.16 | 3.38 |
| d) | Modelo de Bohr | 12.5 | 16.87 |
| e) | Modelo de Lewis | 70.82 | 75.31 |

En la pregunta 7, tanto de los estudiantes del grupo experimental como los de los grupos control identifican al modelo de Lewis como la mejor alternativa para explicar el enlace químico.

Del análisis de las preguntas del cuestionario relacionadas con los **modelos sobre enlace químico (1 y 7)**, se concluye que: Los estudiantes identifican que el enlace químico está asociado a un nivel microscópico, debido a que considera a la materia en forma de partículas y el desplazamiento de electrones, pero no lo visualizan como interacciones eléctricas entre núcleos y electrones o entre

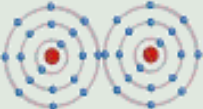


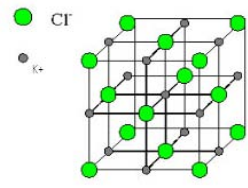
iones vecinos. Identifican al modelo de Lewis como la representación más útil para explicar a los modelos sobre enlace químico.

3.7.2. Bloque II: Preguntas relacionadas con las propiedades de sustancias iónicas disueltas en agua y su estructura en estado sólido (2 y 8).

| <p>Pregunta 2</p> | <p>El círculo a la derecha muestra una vista aumentada de una porción muy pequeña de agua líquida en un recipiente.</p> <div style="text-align: center;">  <p>Agua líquida KCl disuelto en agua</p> </div> <p>¿Cuál de los siguientes modelos materiales bidimensionales corresponde al cloruro de potasio (KCl) disuelto en agua?</p> | | |
|-------------------------------|---|---|--|
| <p>Opción correcta</p> | <p>Categorías</p> | <p>Pos-test (%) Respuestas G. Experimental</p> | <p>Promedio Pos-test (%) G. Controles</p> |
| <p>a)</p> |  <p>a)</p> | <p>0</p> | <p>3.86</p> |
| <p>b)</p> |  <p>b)</p> | <p>0</p> | <p>1.19</p> |
| <p>c)</p> |  <p>c)</p> | <p>8.3</p> | <p>42.15</p> |
| <p>d)</p> |  <p>d)</p> | <p>0</p> | <p>0</p> |
| <p>e)</p> |  <p>e)</p> | <p>91.6</p> | <p>52.4</p> |

En la pregunta 2, la mayoría de los estudiantes identificaron al modelo material bidimensional del inciso e (91.6%), como la mejor alternativa para explicar una sustancia iónica disuelta en agua.



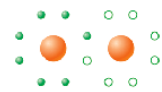

Por lo tanto, los estudiantes caracterizan a las sustancias iónicas como sustancias solubles en agua, ya que cuando las sustancias se disuelven en agua se disocian, es decir, se separan en iones debido a que el agua está compuesta por moléculas que tienen una distribución no uniforme de carga eléctrica que genera polos positivos y negativos. Así, los polos positivos de la molécula de agua atraen a los iones con carga negativa (aniones), mientras que los cationes (iones con carga positiva) son atraídos por el polo negativo de la molécula.

| Pregunta 8 | Las propiedades del cloruro de potasio (KCl) sólido se pueden explicar mediante un modelo de enlace iónico ¿Cuál de los siguientes modelos materiales bidimensionales es el más adecuado para representar el KCl sólido? | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Pos-test (%) Respuestas G. Controles |
|-----------------|--|---|--|
| Opción correcta | Categorías | | |
| a) |  | 4.16 | 21.25 |
| b) |  | 0 | 0 |
| c) |  | 8.3 | 14.08 |
| d) |  | 87.5 | 60.8 |
| e) | No sé | 0 | 3.75 |


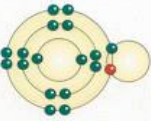


En la pregunta 8, la mayoría de los estudiantes identificaron al modelo material bidimensional de red cristalina como la mejor alternativa para explicar a una sustancia iónica (KCl) en estado sólido.

Del análisis de las preguntas del cuestionario relacionadas **con las propiedades de sustancias iónicas disueltas en agua y su estructura en estado sólido** (2 y 8), se concluye que: Los estudiantes logran caracterizar al cloruro de potasio (KCl) de acuerdo al modelo de enlace iónico. El arreglo tridimensional más estable para un sólido iónico es el modelo material bidimensional de red cristalina que es la mejor forma en que pueden acomodarse los iones dependiendo de su carga y de su tamaño (pues varía la distancia entre ellos). También identifican la presencia de iones fijos (positivos y negativos) en los puntos de la red, todo esto explica la no conductividad eléctrica de las sustancias iónicas en estado sólido. Respecto a la solubilidad en agua del KCl, se considera un sólido iónico soluble, debido a que las moléculas polares del agua son atraídas por los iones cargados eléctricamente y rodean a los iones que se incorporan a la disolución una vez que han abandonado el cristal rodeándose de moléculas de agua, por lo que los iones son libres para moverse.

3.7.3. Bloque III: Preguntas relacionadas con las propiedades de sustancias covalentes polares y no polares (3 y 9).

| Pregunta 3 | En el F ₂ , los electrones que enlazan a los átomos se comparten por igual, indica ¿cuál de los siguientes modelos materiales bidimensionales es el más adecuado para representar el F ₂ ? | | |
|-----------------|--|---|--------------------------------------|
| Opción correcta | Categorías | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Pos-test (%) Respuestas G. Controles |
| a) |  | 0 | 9.18 |
| b) |  | 20.83 | 6.39 |
| c) |  | 79.16 | 79.88 |
| d) |  | 0 | 4.43 |
| e) | No sé | 0 | 0 |

En la pregunta 3, podemos observar que la mayoría de los estudiantes identifican al modelo de niveles electrónicos (inciso c) como la representación más apropiada para el F₂, en donde se representan a los átomos con el núcleo y los electrones alrededor distribuidos según el nivel de energía. Considero que esta representación fue la más señalada, debido a que en el modelo material bidimensional se ve de forma explícita a los electrones que enlazan a los átomos, que se comparten por igual. En este modelo el flúor tiene siete electrones de valencia, y requiere uno más para adquirir la configuración electrónica estable del neón. Al unirse el flúor con otros átomos de flúor, ambos comparten un electrón de cada uno, a través de un enlace covalente, con lo cual cada átomo adquiere ocho electrones de valencia es decir, la configuración del gas noble más cercano.

| Pregunta 9 | Las propiedades del HCl, se pueden explicar mediante un modelo de enlace covalente polar, de acuerdo con el cual los electrones se comparten de modo desigual. ¿Cuál de las siguientes modelos materiales bidimensionales es el más adecuado para el HCl? | | |
|-----------------|---|---|--------------------------------------|
| Opción correcta | Categorías | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Pos-test (%) Respuestas G. Controles |
| a) |  | 29.16 | 14.08 |
| b) |  | 50 | 60.45 |
| c) |  | 8.3 | 5.76 |
| d) |  | 12.5 | 18.25 |
| e) | No sé | 0 | 1 |

En la pregunta 9, podemos observar que los estudiantes identifican al modelo material bidimensional de niveles electrónicos (inciso b), como la representación más apropiada para el HCl, en donde se representan a los átomos con el núcleo y los electrones alrededor distribuidos según el nivel de energía. Considero que este modelo material bidimensional fue el más señalado, debido a que (como en la pregunta anterior), en el modelo material bidimensional se ve de forma explícita el par de electrones que se comparten.

Del análisis de las preguntas del cuestionario relacionadas con las **propiedades de sustancias covalentes polares y no polares** (3 y 9), se concluye que: los estudiantes identifican al modelo material bidimensional de niveles electrónicos como el más adecuado para representar al enlace químico del ácido clorhídrico (sustancia covalente polar) y para la molécula de flúor (sustancia covalente no polar).

3.7.4. Bloque IV: Preguntas sobre características del modelaje (4 y 10)

| Pregunta 4 | Una de las principales características del modelaje es que: | | |
|-----------------|---|---|--------------------------------------|
| Opción correcta | Categorías | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Pos-test (%) Respuestas G. Controles |
| a) | Se muestra a través de personas que visten prendas o accesorios con el fin de exhibirlo a terceros. | 8.3 | 8.53 |
| b) | Se refiere a las instrucciones para armar un objeto. | 58.3 | 29.37 |
| c) | Se describe a través de personas que se comportan de forma ejemplar. | 8.3 | 10.90 |
| d) | Se relaciona con la resolución de ecuaciones matemáticas. | 25 | 45.12 |
| e) | No sé | 0 | 5.96 |

En la pregunta 4, los estudiantes del grupo experimental identificaron al inciso b, como una de las principales características sobre el modelaje. En cambio los estudiantes de los grupos control lo relacionaron con la resolución de ecuaciones matemáticas.

| Pregunta 10 | ¿Cuál de los siguientes enunciados describe mejor tu idea sobre modelaje? | | |
|-----------------|---|---|--------------------------------------|
| Opción correcta | Categorías | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Pos-test (%) Respuestas G. Controles |
| a) | Se trata de resolver una ecuación matemática. | 0 | 4.38 |
| b) | Se refiere al proceso de construcción de modelos. | 83.33 | 57.29 |
| c) | Se vincula con la realización de experimentos. | 8.3 | 21.86 |
| d) | Se relaciona con la observación de los fenómenos naturales. | 8.3 | 16.24 |
| e) | No sé | 0 | 0 |

Respecto a la pregunta 10, más del 80% de los estudiantes del grupo experimental identificaron al modelaje como el proceso de construcción de modelos.

Del análisis de las preguntas del cuestionario sobre las características del **modelaje** (4 y 10), se concluye que: los estudiantes del grupo experimental identifican al modelaje como el proceso de construcción de modelos.

3.7.5. Bloque V: Preguntas relacionadas con las propiedades físicas y químicas de sustancias iónicas y covalentes (5 y 11)

| | | | |
|------------------------|--|--|---|
| Pregunta 5 | <p>Los cristales macroscópicos de cloruro de sodio (NaCl) se pueden caracterizar de acuerdo con las siguientes propiedades de la tabla:</p> <p>I) <i>Color</i> II) <i>Tamaño</i> III) <i>Conductividad eléctrica en estado sólido</i> IV) <i>Conductividad eléctrica en disolución acuosa</i> V) <i>Forma</i> VI) <i>Temperatura de fusión</i></p> <p>¿Cuáles propiedades de la tabla anterior permiten clasificar a estas sustancias, mediante un modelo de enlace iónico?</p> | | |
| Opción correcta | Categorías | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Pos-test (%) Respuestas G. Controles |
| a) | I y III | 8.3 | 9.53 |
| b) | I y V | 4.16 | 6.5 |
| c) | IV y VI | 62.5 | 67.36 |
| d) | V y VI | 12.5 | 10.93 |
| e) | II y IV | 12.5 | 5.95 |

El 62.5 % de los estudiantes del grupo experiemetal identificaron la conductividad eléctrica en disolución acuosa y la temperatura de fusión alta como las propiedades que permiten clasificar a las sustancias iónicas. Referente al punto de fusión, como cada ión esta enlazado a más de un ión de signo contrario, se requiere mucha energía para separar los iones, de allí que los puntos de fusión de los compuestos iónicos sean altos, ya que para fundir se requiere romper la estructura ordenada. Respecto a la transferencia de corriente en disolución, esta puede explicarse por la existencia de especies móviles, que transportan carga (iones), cuando las sustancias están disueltas.

| | | | |
|------------------------|---|--|---|
| Pregunta 11 | <p>Los cristales macroscópicos de sacarosa (C₁₂H₂₂O₁₁) se pueden caracterizar de acuerdo con las siguientes propiedades de la tabla:</p> <p>I) <i>Conductividad eléctrica en disolución acuosa</i> II) <i>Temperatura de fusión</i> III) <i>Forma</i> IV) <i>Color</i> V) <i>Conductividad eléctrica en estado sólido</i> VI) <i>Tamaño</i></p> <p>¿Cuáles propiedades de la tabla anterior permiten clasificar a estas sustancias, mediante un modelo de enlace covalente?</p> | | |
| Opción correcta | Categorías | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Pos-test (%) Respuestas G. Controles |
| a) | I y III | 8.3 | 10.47 |
| b) | I y V | 8.3 | 36.35 |
| c) | IV y VI | 29.16 | 11.92 |
| d) | V y VI | 0 | 9.33 |
| e) | I y II | 58.33 | 31.81 |

El 58.3 % de los estudiantes del grupo experimental identificaron la no conductividad eléctrica en disolución acuosa y la temperatura de fusión baja como las propiedades que permiten clasificar a las sustancias mediante un modelo de enlace covalente. Las sustancias con enlace covalente no conducen la corriente eléctrica, puesto que tienen a sus electrones firmemente enlazados en la región inter-nuclear. Así aun cuando algunos son solubles en agua las partículas en las que se separaron no tienen carga eléctrica.

El punto de fusión de las sustancias depende del enlace entre sus átomos, mediante el cual se forman los compuestos. Los compuestos con enlace covalente pueden presentarse en los tres estados de la materia a temperatura ambiente. Son sustancias sólidas la glucosa (C₆H₁₂O₆), el azufre (S₈) y el dióxido de silicio (SiO₂).

Del análisis de las preguntas del cuestionario relacionadas con las **propiedades físicas y químicas de sustancias iónicas y covalentes** (5 y 11), se concluye que: Para las sustancias iónicas y covalentes los estudiantes reconocen la conductividad eléctrica en disolución acuosa y la temperatura de fusión alta, cómo las propiedades que permiten clasificar a estas sustancias.

3.7.6. Bloque VI: Preguntas sobre características de modelos (6 y 12)

| Pregunta 6 | Una de las principales características de los modelos es que: | | |
|-----------------|---|---|--------------------------------------|
| Opción correcta | Categorías | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Pos-test (%) Respuestas G. Controles |
| a) | Se descubren en la naturaleza. | 4.16 | 9.34 |
| b) | Se muestran en los laboratorios. | 0 | 9.13 |
| c) | Se eligen entre varios diferentes. | 4.16 | 4.37 |
| d) | Se construyen para representar un aspecto específico del mundo. | 91.66 | 61.4 |
| e) | Se convierten en ecuaciones matemáticas. | 0 | 16.5 |

| Pregunta 12 | ¿Cuál de estas frases expresa mejor tu idea sobre modelo? | | |
|-----------------|---|---|--------------------------------------|
| Opción correcta | Categorías | Pos-test (%) Respuestas G. Experimental | Pos-test (%) Respuestas G. Controles |
| a) | Son representaciones de un objeto, idea, sistema o proceso creado con un objetivo específico. | 100 | 72.14 |
| b) | Es una persona que posa para pintores, escultores, fotógrafos, etc. | 0 | 2 |
| c) | Indica de manera ejemplar actitudes que se propone imitar. | 0 | 2.19 |
| d) | Es una marca de cerveza mexicana. | 0 | 1.19 |
| e) | Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o proceso. | 0 | 22.44 |

En ambas preguntas los estudiantes identificaron las respuestas correctas para la pregunta 6 e inciso para la pregunta 12, lo cual indica que tienen claridad sobre la naturaleza de los modelos. Del análisis de las preguntas del cuestionario sobre características de **modelos** (6 y 12), se concluye que: más del 95% de los estudiantes del grupo experimental comprenden que los modelos son representaciones de un objeto, idea, sistema o proceso, que se construyen para representar un aspecto específico del mundo.

Tercera parte: Resultados y análisis de la intervención didáctica

3.8. Resultados de las secuencias sobre los modelos y el modelaje

El período de aplicación de la unidad didáctica fue del 18 de noviembre al 8 de diciembre de 2009. Se consideraron cinco sesiones de trabajo (tres de hora y media y dos de una hora). La unidad didáctica está dividida en dos partes: en la primera parte se integraron estrategias sobre modelos y el modelaje (secuencias 1 y 2), estas actividades posibilitan a los estudiantes el reconocer los tipos de modelos en el contexto de la enseñanza de las ciencias. En la segunda parte de la unidad didáctica se presentan estrategias sobre los modelos y modelaje del enlace químico (secuencias 3-5), junto con el instrumento de evaluación de la unidad didáctica que es la secuencia 6.

3.8.1. SECUENCIA 1

La secuencia 1, se denominó **“Sobre los modelos y el modelaje”**, esta secuencia de actividades tienen el propósito de guiar a los estudiantes para que identifiquen los tipos y las características de los modelos y el modelaje en ciencias naturales. A partir del análisis de una lectura dirigida sobre “Los modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales”, para posteriormente realizar la discusión grupal de la lectura y la resolución de un cuestionario.

| | |
|---|--|
| Organización: Lectura dirigida y búsqueda bibliográfica: individual. Resolución del cuestionario de la lectura: equipos de tres estudiantes. | Actividades: Lectura dirigida. Búsqueda bibliográfica. Resolución del cuestionario de la lectura. Discusión grupal. |
| Tiempo de aplicación: 120 minutos. | Materiales y reactivos: Copias de: Lectura dirigida Cuestionario |

A continuación se presentan las respuestas de las preguntas del cuestionario y algunos diagramas en donde los estudiantes reflexionan sobre el proceso de modelaje. También se muestra la categorización de cada una de las respuestas del cuestionario.

Cuestionario

A continuación se muestra la categorización de las respuestas del cuestionario de la lectura dirigida “Los Modelos en la enseñanza de las ciencias”.

1. ¿Qué entiendes por analogía? Ejemplifique.

| Equipo | Clasificación (respuestas) | Respuesta | Ejemplos | Categorías |
|--------|----------------------------|---|---|------------|
| 1 | Favorable | Relaciona al modelo con la realidad. Similar, propiedades. | Feto- niño Semilla- árbol | A.1 |
| 2 | Favorable/s.ej. | Es la relación de dos o más elementos basándose en sus características semejantes. | | A.2 |
| 3 | Favorable/s.ej | Semejanza entre 2 cosas distintas o más. Relación entre realidad y lo mental. | | A.2 |
| 4 | Favorable | La relación de semejanza de 2 cosas distintas. | Monje es a sermón como político a discurso. | A.2 |
| 5 | Favorable/s.ej | La relación o la similitud entre dos cosas. | | A.2 |
| 6 | Favorable/s.ej | Relaciones entre el mundo real y lo mental. | | A.2 |
| 7 | Favorable | Una analogía es una comparación entre dos objetos o situaciones. | Tierra es a sistema solar como electrón a modelo de Bohr. | A.3 |
| 8 | Favorable | Relación entre dos cosas distintas o más, similitudes o propiedades, pueden ser mentales. | Bohr- Sistema Solar | A.2 |

Marco teórico

Analogía: está constituida por aquellos rasgos o propiedades que sabemos similares en **m** y **M**.

- Relación de semejanza entre cosas distintas: existe cierta analogía entre ambos sucesos.
- Significa comparación entre varias razones, modelos o experiencias.

| Categorías - Analogía | Número de veces que aparece la categoría |
|---|--|
| A.1. Relación de rasgos o propiedades similares entre el modelo y el mundo. | 1 |
| A.2. Relación de semejanzas entre objetos, modelos o experiencias. | 6 |
| A.3. Comparación entre objetos, modelos o experiencias. | 1 |

Después de la categorización de las respuestas, se muestran las características de las analogías que los estudiantes identifican:

- a) se basa en semejanzas, propiedades y similitudes.
- b) su función es:

A.1. Relacionar rasgos o propiedades similares entre el m y el M (1).

- Al modelo con la realidad

A.2. Relacionar semejanzas entre cosas (6).

- Semejanzas entre dos cosas distintas
- Al mundo real y lo mental

A.3. Comparar similitudes entre varios objetos, modelos o experiencias (1).

- Entre dos objetos o situaciones

Por lo tanto, lo que los estudiantes entienden por analogía a la relación de semejanza entre objetos, modelos o experiencias, esta definición tiene que ver con la categoría (A.2.), posteriormente se identifica a la analogía como la comparación entre objetos (A.3.) y sólo un equipo la identifica como la relación de rasgos o propiedades similares entre el modelo y el mundo.

2. Mencione y ejemplifique tres tipos de modelos (que no se mencionen en el texto), que estén relacionados con la química.

| Equipo | Clasificación | Respuesta | Categorías |
|--------|---------------|--|----------------------------------|
| 1 | Favorable | Modelo de Thomson: Modelo de pudin de pasas ya que este representa esta. Modelo de Dalton: los átomos no se identifican entre sí. Modelo de Bohr: el átomo tiene similitud con el sistema solar. | M.Q.1 |
| 2 | Favorable | Modelo de Bohr Modelo de Lewis Modelo de Thomson | M.Q.1 |
| 3 | Favorable | Molécula de agua. Lewis Cloruro de sodio. | M.Q.1 M.Q.2 |
| 4 | Favorable | Modelo científico: se basa en investigaciones un ejemplo es una maqueta de un humedal. Modelos atómicos: Thomson, Bohr y Lewis | M.Q.1 |
| 5 | Favorable | Modelo de Lewis Representación de la materia | M.Q.1 M.Q.4 |
| 6 | Breve | Thomson | M.Q.1 |
| 7 | Favorable | Modelo atómico de Lewis, la fórmula del agua H ₂ O, las leyes de los gases y tabla periódica | M.Q.1 M.Q.2 M.Q.3 M.Q.4 |
| 8 | Favorable | Modelo de Thomson- pudin de pasas. Modelo de Bohr- sistema solar Robert Boyle- se ayudo por los modelos de aire, fuego, agua, tierra para representar lo que hoy en día se conoce como elemento. | M.Q.1 |

| Categorías sobre modelos relacionados con la química | Número de veces que aparece la categoría |
|--|--|
| M.Q.1. Modelos atómicos. | 8 |
| M.Q.2. Modelos moleculares. | 2 |
| M.Q.3. Modelos de la tabla periódica. | 1 |
| M.Q.4. Modelos de la materia (leyes, nomenclatura o representaciones). | 1 |

Después de la categorización de las respuestas de la pregunta podemos decir que los estudiantes reconocen los siguientes modelos relacionados con la química:

M.Q.1. Modelos atómicos:

Modelo de Bohr (4)
Modelo de Lewis (4)
Modelo de Thomson (5)
Modelo de Dalton (1)

M.Q.2. Modelos moleculares:

Molécula de agua (2)

M.Q.3. Modelos de la tabla periódica:

Tabla periódica (1)

M.Q.4. Modelos de la materia:

Leyes de los gases (1)
Cloruro de sodio (1) y Representaciones de la materia (1)

Por lo tanto, la categoría que se utilizó con mayor frecuencia es la que corresponde a los modelos atómicos (M.Q.1.), es decir, estos son los modelos que los estudiantes más relacionan con la química, posteriormente se mencionan a los modelos moleculares (M.Q.2.) y con menor frecuencia se identifican a los modelo de tabla periódica (M.Q.3.) y al modelos sobre la materia (M.Q.4.).

3. Con tus propias palabras, indica la razón por la que se construyen los modelos.

| Equipo | Clasificación | Respuesta | Categorías |
|--------|---------------|---|------------|
| 1 | Favorable | Los modelos se construyen para explicar, representar algo en base a un objetivo. | M.1 M.2 |
| 2 | Favorable | Por que el hombre quiere representar los fenómenos naturales para entenderlos mejor. | M.1 M.3 |
| 3 | Favorable | Para ver más a detalle algunas cosas que no se distinguen a simple vista, o relacionarlas con otras. | |
| 4 | Favorable | Para representar fenómenos o reacciones que se quieren explicar. | M.1 M.2 |
| 5 | | Para ver sus similitudes y para entenderlas mejor. | M.3 |
| 6 | Favorable | Para explicar fenómenos. | M.1 |
| 7 | Particular | Para tener una referencia cuando se hace algo, como un modelo atómico, para trabajar química. | |
| 8 | Favorable | Son para explicar con la representación del mundo real Lo que no se distingue a simple vista por sus similitudes Para entenderlos mejor | M.1 M.3 |

Marco teórico

Los modelos (**m**) son representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo (**M**), con un objetivo específico.

Las funciones de los modelos son: entender, describir, explicar y predecir un fenómeno a partir de otro en principio más accesible y conocido que el primero, que se emplean para estudiar de forma contextualizada (remite a un tiempo y lugar históricamente definido), una cierta porción del mundo.

| Categorías sobre la razón por lo que se construyen a los modelos | Número de veces que aparece la categoría |
|---|--|
| M.1. Los modelos se construyen para representar una idea, objeto, hecho ó fenómeno. | 5 |
| M.2. Los modelos se construyen para explicar una idea, objeto, hecho ó fenómeno. | 2 |
| M.3. Los modelos se construyen para entender una idea, objeto, hecho ó fenómeno. | 3 |
| M.4. Los modelos se construyen para describir una idea, objeto, hecho ó fenómeno. | 0 |
| M.5. Los modelos se construyen para predecir una idea, objeto, hecho ó fenómeno. | 0 |

Por lo tanto, la categoría que utilizaron los estudiantes con mayor frecuencia para explicar la razón por lo que se construyen los modelos, es la que indica que los modelos se construyen para representar un objeto (M.1.). Después identifican que la razón por lo que se construyen los modelos es para entender (M.2.) y finalmente para explicar a los objetos (M.3.).

4. ¿Por qué no es correcta la siguiente frase? “El mejor modelo material de un gato es otro. Preferentemente el mismo gato”

| Equipo | Clasificación | Respuesta | Categorías |
|--------|---------------|---|------------|
| 1 | Favorable | Porque un modelo no es una copia de uno ya hecho exactamente igual. | |
| 2 | Favorable | Porque se supone que el modelo tiene que ser la representación de una cosa a través de otra. | G.1. |
| 3 | Favorable | Porque tiene que ser similar no igual y no solo compararse con el mismo. | G.1. |
| 4 | Favorable | Porque lo que se trata de representar es un gato y a este lo están representando con un gato que es el mismo. | G.1. |
| 5 | Desfavorable | Porque se supone que los modelos deben ser una representación de algo mejor. | |
| 6 | Desfavorable | Porque al ser un gato un ente real no requiere de un modelo; ya que los modelos explican cosas no reales. | |
| 7 | Favorable | Porque se usa el mismo objeto para modelarse y eso es ilógico. | G.1. |
| 8 | Favorable | La frase no dice nada porque, no representa nada puesto para que sea un modelo debe representar algo, y aquí solo se muestra así mismo. | |

| Categorías | Número de veces que aparece la categoría |
|---|--|
| G.1. El modelo al ser una representación, no puede ser el mismo objeto o entidad. | 4 |

Las respuestas de los estudiantes permitieron identificar que la frase no es correcta porque el modelo al ser una representación, no puede ser el mismo objeto o entidad. Las respuestas escritas por los estudiantes que más se acercaron a esta idea son las siguientes:
 El modelo tiene que ser la representación de una cosa a través de otra.
 El modelo tiene que ser similar no igual al objeto representado.

5. ¿Cuál es el objetivo de los modelos didácticos?

| Equipo | Clasificación | Respuesta | Categorías |
|--------|---------------|--|------------|
| 1 | Desfavorable | Representar mejor para entenderlo para nuestro conocimiento. | M.D.1. |
| 2 | Favorable | Que sean más simples para que los alumnos lo puedan entender. | M.D.1 |
| 3 | Particular | Aprender mejor o ver diferencias y semejanzas de algunas moléculas. | |
| 4 | Particular | Dar a conocer las funciones y visualizar su funcionamiento. | |
| 5 | Favorable | De que tú crees una representación de modelos mentales y materiales. | |
| 6 | Favorable | Facilitar la educación y el aprendizaje. | M.D.2 |
| 7 | Favorable | Enseñar de manera más fácil los temas a los alumnos. | M.D.1 |
| 8 | Favorable | Para un mejor aprendizaje para los alumnos. | M.D.2 |

Marco teórico

Modelos didácticos: Son los modelos que se utilizan con la finalidad de simplificar el conocimiento para transformarlo en información menos rigurosa y abstracta, es decir pasan por un proceso de transposición didáctica. En donde se seleccionan los aspectos fundamentales de cada modelo o teoría y al mismo tiempo, estos aspectos deben ser relevantes y útiles para los alumnos en la elaboración de explicaciones significativas acerca de los fenómenos naturales. Los modelos didácticos que pueden ser de dos naturalezas (Chamizo, 2010):

Los modelos didácticos que corresponde a la enseñanza, los presentados por los expertos en el entorno escolar. Los modelos didácticos que corresponden al aprendizaje, los que son elaborados por los aprendices.

| Categorías | Número de veces que aparece la categoría |
|---|--|
| M.D.1. El objetivo de los modelos didácticos es simplificar el conocimiento para transformarlo en información menos rigurosa y abstracta. | 3 |
| M.D.2. Son útiles para los alumnos en la elaboración de explicaciones significativas acerca de los fenómenos naturales. | 2 |

Las respuestas de los estudiantes permitieron reconocer en términos generales dos ámbitos en donde los modelos didácticos se utilizan con diferentes objetivos:

- a) En el ámbito de la enseñanza, el objetivo de los modelos didácticos es simplificar el conocimiento para transformarlo en información menos rigurosa y abstracta. Las frases escritas por los alumnos que indican relación con esta categoría son las siguientes:
 - Enseñar de manera más fácil los temas a los alumnos.
 - Que sean más simples para que los alumnos lo puedan entender.
- b) En el ámbito del aprendizaje, los modelos didácticos son útiles para los alumnos en la elaboración de explicaciones significativas acerca de los fenómenos naturales. Las frases escritas por los alumnos que indican relación con esta categoría son las siguientes:
 - Facilitar la educación y el aprendizaje.
 - Fomentar un mejor aprendizaje para los alumnos.

6. Reflexiona con tus compañeros: ¿Cómo es que las personas modelamos?

| Equipo | Clasificación | Respuesta | Categorías |
|--------|---------------|--|------------|
| 1 | Favorable | Haciendo hipótesis y relacionando conocimientos. | MJ.1 |
| 2 | Favorable | Realizamos una hipótesis y con base a eso se elabora el modelo. | MJ.2 |
| 3 | Favorable | Pues imaginamos unas cosas y luego las relacionamos, y las plasmamos. | MJ.2 |
| 4 | Desfavorable | Con nuestras acciones podría ser un modelo ya que nosotros las realizamos por eso el dicho "Eres un modelo a seguir". | |
| 5 | Favorable | Con las ideas mentales que tú planteas. | MJ.1 |
| 6 | Favorable | 1) Conocimiento 4) Teoría 2) Cuestionamiento 5) Prácticas 3) Hipótesis 6) Modelaje | MJ.2 |
| 8 | Favorable | Necesitamos un proceso de investigación, necesitamos crear un modelo mental y con esos datos se realiza un modelo material. También se necesita un objetivo e hipótesis. | MJ.2 |


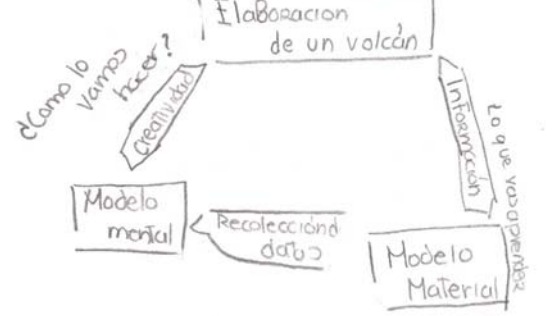
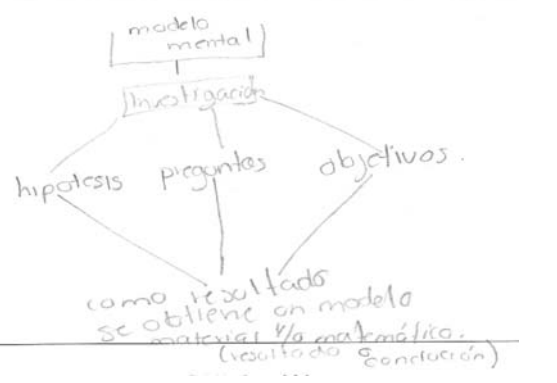
| Marco teórico | |
|---|--|
| Proceso de modelaje: 1) A partir de las preguntas del mundo se construye inicialmente un modelo mental, a través de conocimientos, imaginación y creatividad; 2) posteriormente se genera un modelo material basado en la recolección de datos sobre la percepción del mundo y la construcción física del modelo expresado de forma material o matemática y 3) el modelo expresado es contrastado y se verifica si encaja contra los hechos del mundo. | |
| Categorías | Número de veces que aparece la categoría |
| MJ.1. Se construye un modelo mental. | 2 |
| MJ.2. Se construye inicialmente un modelo mental y posteriormente se genera un modelo material o matemática. | 4 |
| MJ.3. Se construye inicialmente un modelo mental y posteriormente se genera modelo expresado de forma material o matemática y el modelo expresado es contrastado y se verifica si encaja contra los hechos del mundo. | 0 |

Los estudiantes identifican que se modela construyendo inicialmente un modelo mental y posteriormente se genera un modelo material. Cabe mencionar que algunos equipos establecen pasos o etapas similares al método científico en donde eligen objetivos, hipótesis y realizan actividades experimentales. Por otra parte, los estudiantes identifican algunas habilidades como: relacionar conocimientos, cuestionamiento e imaginación.

7. Realiza un diagrama en donde sean evidentes los pasos o etapas implicadas en este proceso.

A continuación se muestran algunos diagramas sobre el proceso de modelaje:

| Equipo | Respuesta | |
|--------|--|---|
| 1 | <pre> graph TD A[visualización] --> B[Objetivo] B --> C[modelo mental] B --> D[modelo didactico] B --> E[Planificas] E --> F[Conclusion] </pre> | <pre> graph TD A[Visualización] --> B[Objetivo] B --> C[modelo mental] B --> D[modelo material] B --> E[planificas] E --> F[conclusión] </pre> |
| 2 | <pre> graph LR A[observa] --> B[hipotesis] B --> C[construye modelo] C --> D[compara] D --> E[escoger] </pre> | <pre> graph TD A[Observas] --> B[Hipotesis] B --> C[Construyes modelos] C --> D[Comparas] D --> E[Escoger] </pre> |

| | | |
|---|---|---|
| 3 | <p>Imaginamos lo que queremos realizar</p> <p>↓</p> <p>Pensamos en los materiales</p> <p>↓</p> <p>Construimos nuestro modelo</p> <p>↓</p> <p>Lo comparamos y vemos sus similitudes con la realidad.</p> | |
| 4 |  | <p>Pensamiento → recolección de datos</p> <p>↓</p> <p>organización de ideas</p> <p>↓</p> <p>Qué es la acción</p> <p>← Modelo</p> |
| 5 |  | <p>Elaboración de un volcan</p> <p>↕ Creatividad Información ↕</p> <p>↕ Modelo Mental Modelo Material ↕</p> <p>Recolección de datos</p> |
| 8 |  | <p>Modelo mental</p> <p>↓</p> <p>Investigación</p> <p>↙ ↓ ↘</p> <p>Hipótesis Preguntas Objetivos</p> <p>↙ ↓ ↘</p> <p>Como resultado se obtiene un modelo material y matemático (resultado o conclusión)</p> |

Las etapas que identifican los estudiantes para el proceso de modelaje son las siguientes:

Primera etapa:

Observación o visualización
 Establecer lo que se quiere modelar u objetivos
 Recolección de datos

Segunda etapa:

Organización de ideas
 Hipótesis
 Modelo mental

Tercera etapa:

Pensar en los materiales
 Contruir el modelo material

Cuarta etapa:

Comparar
 Conclusión

8. Con tus propias palabras, elabora una definición de modelaje.

| Equipo | Clasificación | Respuesta | Categorías |
|--------|---------------|--|------------|
| 1 | Desfavorable | Es aquella representación que busca un conocimiento. | |
| 2 | Favorable | Es el proceso para construir modelar. | m.1. |
| 3 | Favorable | El proceso el cual empleamos para hacer un modelo. | m.1. |
| 4 | Desfavorable | Uso de representaciones para dar a conocer algunos fenómenos reacciones. | |
| 5 | Desfavorable | Es aquella representación que busca crear conocimientos mentales y materiales. | |
| 6 | Desfavorable | Modelaje es un esquema, aparato, una maqueta que es más fácil de entender. | |
| 7 | | | |
| 8 | Favorable | Es el proceso que se lleva a cabo para poder realizar un modelo. | m.1. |

Marco teórico

Modelaje: Es la construcción y reformulación de modelos. Es un proceso dinámico en donde se interpreta, se relaciona e integra información del mundo real para llegar a la elaboración inicial de modelos mentales, que serán reformulados y expresados a través de modelos materiales.

| Categorías | Número de veces que aparece la categoría |
|---|--|
| m. 1. Es la construcción de modelos. | 3 |
| m.2. Es la elaboración inicial de modelos mentales, que serán reformulados y expresados a través de modelos materiales. | 0 |

Las respuestas de los estudiantes permitieron establecer y reconocer al modelaje cómo el proceso para construir, realizar o hacer un modelo.

3.8.1.1. Análisis de resultados de la secuencia 1

*Del análisis de la secuencia 1 de la unidad didáctica relacionada con las características de los **modelos y el modelaje**, se concluye que: Los estudiantes caracterizan a las analogías: cómo la relación entre cosas semejantes, sólo un equipo señaló la relación entre el modelo y la realidad (mundo real) y otro cómo la comparación entre objetos y situaciones.*

Los estudiantes reconocen algunos modelos empleados en la química: los modelos atómicos, los modelos moleculares, el modelo de tabla periódica y modelos de la materia (leyes, nomenclatura, representaciones). Cabe mencionar que todos los equipos identifican al menos uno de los modelos atómicos, siendo los más recurrentes los modelos atómicos de Bohr, Lewis y Thomson.

Los estudiantes identifican que los modelos se construyen para: explicar, entender y representar objetos, fenómenos naturales y al mundo real.

Los estudiantes analizan que los modelos son: representaciones de los objetos, por lo que no pueden ser el mismo objeto.

Los estudiantes reconocen que los modelos didácticos se utilizan con dos objetivos fundamentales: el primer objetivo está relacionado con la simplificación de la información para transformarla en menos rigurosa y abstracta, en el ámbito de la enseñanza. El segundo objetivo está relacionado con la idea de que los modelos didácticos son útiles para los alumnos en la elaboración de explicaciones significativas acerca de los fenómenos naturales, en este sentido facilita o fomenta un mejor aprendizaje.

Los estudiantes analizan el proceso de modelaje, estableciendo las siguientes etapas:

- 1) Se establece lo que se quiere modelar (propósito), en esta etapa prevalece la observación o visualización de los hechos y se realiza la recolección de datos;
- 2) Se formulan hipótesis y se organizan las ideas para elaborar un modelo mental;
- 3) Se planifica, se piensa en los materiales y en la construcción del modelo material.
- 4) Finalmente, se realiza la comparación del modelo con el mundo real.

Los estudiantes identifican que en el proceso de modelaje intervienen también habilidades como la imaginación y creatividad.

Finalmente los estudiantes definen al modelaje: cómo el proceso para construir, realizar o hacer un modelo.

3.8.2. SECUENCIA 2

Esta secuencia se denominó **¿Qué hay en la caja?**, esta serie de actividades se relacionan con la introducción de los modelos y el modelaje. Se trata de una caja cerrada que contiene objetos diversos que deben ser vaticinados por los estudiantes, trabajando en equipo. Los propósitos de esta actividad son: guiar a los estudiantes para que planteen modelos mentales de los objetos que se encuentran en el interior de una caja a partir de información sensorial, posteriormente elaboren

modelos materiales bidimensionales sobre los objetos que se encuentran dentro de la caja y que reflexionen sobre el proceso de modelaje. Posteriormente se realiza la exploración de la caja y se contrastan los modelos materiales bidimensionales contra el mundo real.

| | |
|---|---|
| <p>Organización: Equipos de tres estudiantes</p> | <p>Actividades: Indagación de objetos en el interior de una caja. Construcción de modelos materiales bidimensionales. Contrastación de los modelos materiales contra el mundo real. Descripción del proceso de modelaje.</p> |
| <p>Tiempo de aplicación: 60 minutos.</p> | <p>Materiales y reactivos: Copias de la secuencia. Ocho cajas de cartón. Objetos: chicles de bola, arroz, broche para folders metálico, tachuelas, pelotas de unicel, crayolas, bombones, frijoles y clips metálicos.</p> |

Se trabajaron con tres tipos diferentes de cajas, ya que se introdujeron diferentes contenidos en cada una de ellas:

Caja A: Tres chicles de bola de colores diferentes, granos de arroz y broche de metal para fóliders marca Baco.

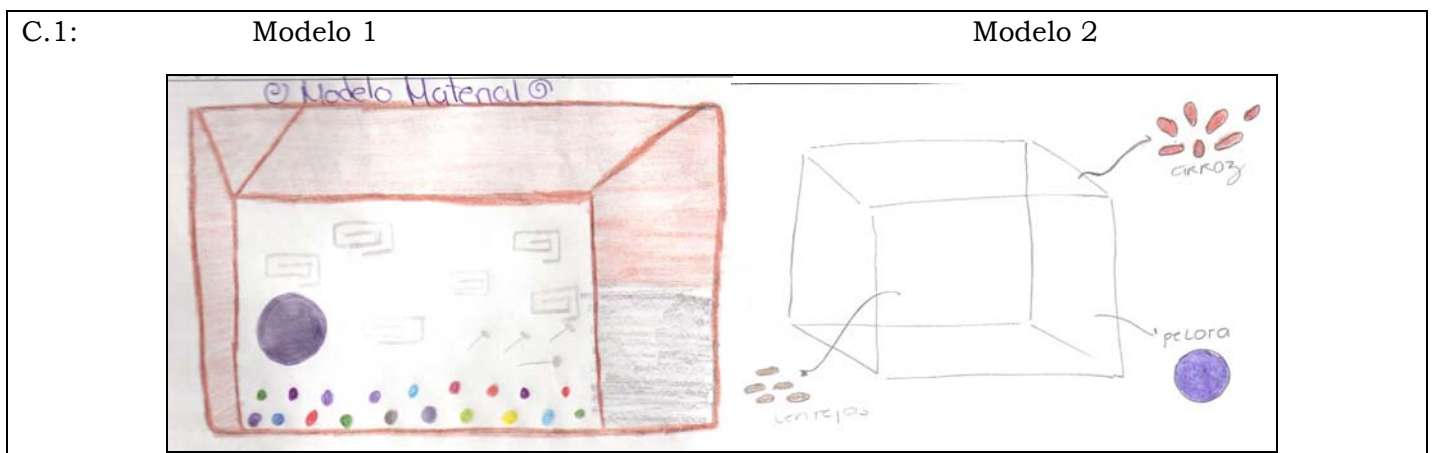
Caja B: Cinco tachuelas, una pelota de unicel y una crayola.

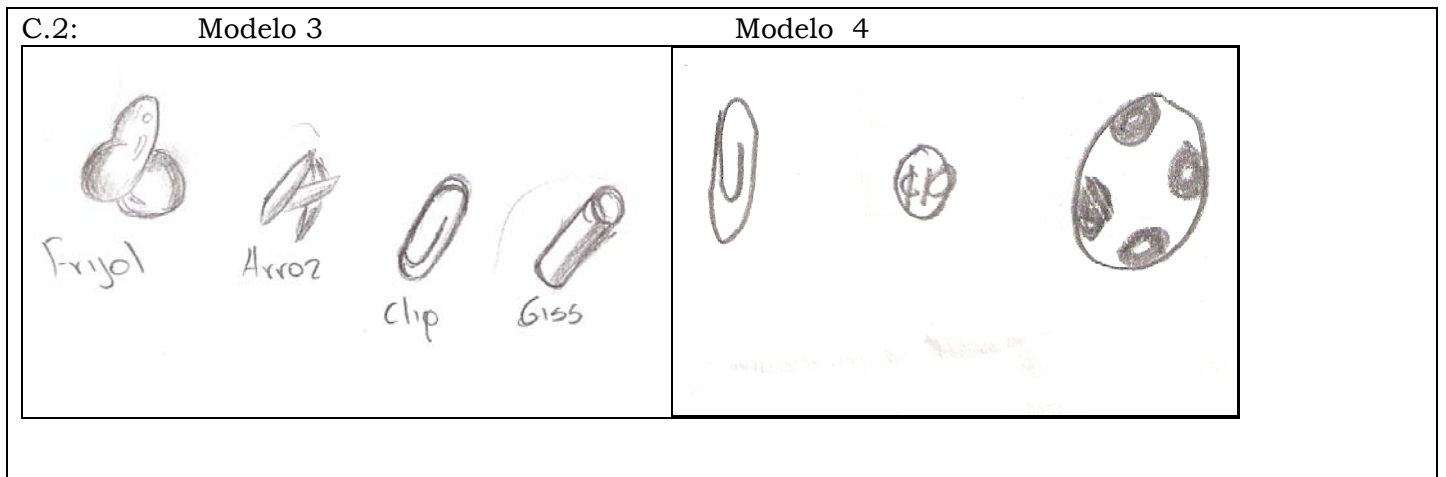
Caja C: Tres bombones, semillas de frijol y cinco clip metálicos.

A continuación se presentan las instrucciones de la tarea y algunas de las respuestas de los estudiantes que permiten ilustrar diferentes formas en las que los alumnos generan modelos, que explican que objetos están en el interior de la caja, así como, su respectiva categorización.

1. Una vez que ya tienen un modelo mental, construyen un modelo material (dibujando) lo que hay en la caja.

Algunos de los modelos materiales bidimensionales realizados por los estudiantes se muestran a continuación:





Categorías

C. 1. Modelo material bidimensional que muestran a la caja con los objetos dentro o fuera de ella.
 C.2. Modelos materiales bidimensionales de los objetos.
 Características: modelos bidimensionales a color o en blanco y negro.

2. Expliquen los motivos (evidencias), por lo que dibujaron lo anterior.

| Equipo | Clasificación | Respuesta | Categorías |
|--------|-----------------------|--|--------------|
| 1 | Descripción detallada | Porque se oía que algo que rodaba x eso supimos que eran pelotitas duras, y algo pegadas (más que el unicel) y alguna cosa de metal como un clip o una llavecita y arroz o lenteja por el modo en que suena. | E.1. |
| 2 | Descripción breve | Por el sonido y el peso. | E.1. E.2. |
| 3 | Descripción breve | Por el sonido y las vibraciones. | E.1. E.3. |
| 4 | Descripción breve | Por el sonido y por el peso de los objetos. | E.1. E.2. |
| 5 | Descripción breve | Por como sonaba y porque ya tenemos el sonido de algo parecido. | E.1. |
| 6 | Descripción breve | Porque los sonidos y el peso son similares. | E.1. E.2. |
| 7 | Descripción detallada | Pensamos que era arroz, porque se oía partes pequeñas, se oía algo pesado y circular, Sac oyó algo plano por eso lo pusimos. | E.1. E.2. |
| 8 | Descripción detallada | El sonido no era uniforme al golpear la caja. El peso y lo que lo acompaña nos hizo pensar que era una piedra y desprendimientos. | E.1. E.2. |

| Categorías | Número de veces que aparece la categoría |
|--|--|
| E.1. sonido (8) | 8 |
| E.2. peso (6) | 5 |
| E.3. vibraciones o golpes contra la caja (1) | 1 |

Los estudiantes identifican al sonido, peso y vibraciones o el golpeteo de los objetos contra la caja como evidencias. Es importante hacer énfasis en que se pueden construir ciertos modelos materiales de los hechos a partir de lo que percibimos (mover la caja, escuchar los sonidos, el peso,) y también de lo que sabemos (que tipo de objetos hacen esos sonidos), pero que estos (modelos) no coinciden necesariamente con la realidad (lo que hay dentro de la caja).

Después de abrir la caja se le solita a los estudiantes que:

2. Describe detalladamente lo que hay en la caja.

| Equipo | Clasificación | Respuesta | Categorías |
|--------|--|--|--|
| 1 | Descripción Breve Caja A | 3 chicles de bola, color naranja, azul y blanco, duras y lisas; arroz un puñito blanco y un broche de metal (Baco). | D.1., D.2., D.3., D.5., D.6.y D.7. |
| 2 | Descripción detallada Caja A | Hay 3 chicles, 1 de color verde, otro rojo y el último amarillo, un broche metálico y unos cuantos granos de arroz (un puño). chicles: de forma circular y duros; arroz blanco; broche mediano | D.1., D.2., D.3., D.5., D.6.y D.7. |
| 3 | Descripción breve Caja B | Hay tachuelas, 1 pelota de unicel, una crayola negra, y unas tiras de papel engrapadas. | D.1., D.3. y D.7. |
| 4 | Descripción breve Caja C | Hay tres bombones rosas tamaño chico, frijoles de color café con beige y 5 clips chicos. | D.1., D.2., D.3. y D.7. |
| 5 | Descripción breve Caja A | Hay tres chicles de forma de esfera de color azul, blanca y naranja, un puñito de arroz de color blanco y chico y un broche baco de metal grande. | D.1., D.2., D.3. y D.7. |
| 6 | Descripción detallada Caja C | 2 bombones medianos blancos 1 bombón mediano rosa 19 frijolititos pintos, vinos con beige 7 clips plateados medianos | D.1., D.2., D.3. y D.7. |
| 7 | Descripción detallada Caja B-1 | Hay una bola de unicel con hoyos, de cinco centímetros de diámetro. Hay una crayola azul verdosa. Hay tachuelas y una liga de látex. | D.1., D.2., D.3. y D.7. |
| 8 | Descripción detallada Caja B | Bola de unicel - redonda, suave color blanco, es ligera, inolora. Crayola - azul turquesa cubierta de papel de forma cilíndrica, punta en triangulo tiene cara deslizable, no agradable sabor al igual que el olor proporcional, marca crayola. Tachuela- redonda en la parte de arriba y puntiaguda en la parte de arriba, bicolor - dorada verde Suave parte de arriba - dolorosa en la parte de abajo. | D.1., D.2., D.3., D.4., D.5., D.6.y D.7. |

| Categorías | Número de veces que aparece la categoría |
|--|--|
| D.1. Descripción del color de los objetos. | 8 |
| D.2. Descripción del tamaño de los objetos. | 7 |
| D.3. Descripción del material o naturaleza de los objetos. | 8 |
| D.4. Descripción del olor de los objetos. | 1 |
| D.5. Descripción de la textura de los objetos. | 3 |
| D.6. Descripción de la forma de los objetos. | 3 |
| D.7. Descripción de la cantidad de objetos. | 8 |

Los aspectos más empleados por los estudiantes para la descripción de los objetos son: el color, el material, la cantidad y el tamaño de los mismos.

3. Contrastar es comparar. Por ello comparen su dibujo (modelo material) con lo que hay en la caja (el mundo real). Recuerden que comparar no es enlistar los objetos, sino identificar las similitudes y diferencias.

| Equipo | Respuesta Modelo | Respuesta Mundo real | Categorías |
|--------|---|---|------------|
| 1 | a) 2 bolas esféricas de unicel b) Arroz suena como una sonaja c) Sonaba al mover la caja algo de metal pensamos que era un clip. | a) Tres bolas esfericas de dulce b) Había arroz que sonaba cuando lo movíamos c) Lo que sonaba al moverse era un broche de metal (Baco) | C.M.2. |
| 2 | a) Una pelota, 1 hoja de papel, plumón b) Sólidos los materiales c) Sonido igual | a) Una pelota, 1 hoja, 1 crayola y tachuelas. b) Si son sólidos c) Era igual | C.M.2. |
| 3 | a) Canica redonda b) Clip metálico c) Arroz blanco | a) Chicle redondo a) Broche metálico b) Arroz blanco | C.M.2. |
| 4 | a) Frijoles son iguales b) Piedras son muy diferentes en el color y en la forma c) Plastilina: porque sonaban fuerte se parecen sólo en el tamaño. | a) Frijoles b) clips c) bombones | C.M.2. |
| 5 | a) La canica b) La llave c) Los clips d) Arroz | a) Por su forma redonda. b) Son metalicos pero es más pequeña. c) Son metalicos pero es más pequeña. d) ----- | C.M.1. |
| 6 | a) El alfiler: Chiquitos, delgados, largos b) La pelota: Medianos y suaves, duro circular c) Clips | a) Los frijoles: chiquitos, gruesos, cortos. b) Los bombones: medianos, suaves, endebles, cuadrados. c) Clips | C.M.1. |
| 7 | a) En nuestro modelo había algo circular, en eso fue similar con la realidad. b) Nosotros no contábamos con que hubiera algo cilíndrico ni algo elástico. | a) En el mundo real hay una bola semejante a lo que nosotros pensábamos mundo real, hay una crayola. b) Pero había una liga y tachuelas y no consideramos eso. | C.M.1. |
| 8 | a) Piedra pesada b) Desprendimiento de la piedra c) Movimiento de la caja d) 1 piedra forma indefinida objeto pesado, textura porosa. e) arenita, piedras muy pequeñas dispersas y porosas. | a) Crayola b) Tachuelas c) Bola de unicel | C.M.2. |

| Categorías | Número de veces que aparece la categoría |
|---|--|
| C.M.1. Se contrastó identificando similitudes y diferencias al comparar los objetos analizados. | 3 |
| C.M.2. No se contrastó (se presentó una lista de los objetos). | 5 |

Sólo tres equipos contrastaron los modelos, el resto, sólo enlisto los objetos sin identificar similitudes o diferencias.

4. Completa la siguiente figura con la que encontraron y dedujeron los objetos que se encontraron en el interior de la caja.

| Diagrama | Respuesta |
|----------|---|
| | <p>Mundo real: Pegaron objetos que encontraron en el interior de la caja. Vizualización y un objeto (la caja) y saberque hay dentro.</p> <p>Hacen una analogía de lo que pudo haber adentro.</p> <p>Modelo mental: Pensar lo que pudo haber adentro haciendo hipótesis y analogías.</p> <p>Conclusión o modelo final con explicación</p> <p>Modelo material: Hacer y representar por medio de los conocimientos.</p> <p>Hipótesis de lo que hay adentro.</p> |
| | <p>Mundo real: Pegaron objetos que encontraron en el interior de la caja.</p> <p>Sonidos a través de los tamaños</p> <p>Modelo mental:</p> <p>Sonidos producidos</p> <p>Modelo material: Modelo material bidimensional.</p> <p>Abrimos la caja y vimos</p> |

| | |
|--|---|
| <p>Completa la siguiente figura con los objetos que se encontraban en el interior de la caja.</p> <p>El diagrama muestra un 'Mundo real' con objetos pegados: un lápiz, un borrador, un clip, un pedazo de cinta adhesiva y un pedazo de papel. Flechas indican conexiones con un 'Modelo mental' (con un pensamiento) y un 'Modelo material y/o matemático' (con un dibujo de un círculo y líneas). Se mencionan 'Mediante los sonidos' y 'Mediante su apariencia'.</p> | <p>Mundo real: Pegaron los objetos que había en el interior de la caja.</p> <p>Mediante los sonidos</p> <p>Modelo mental: Un dibujo alusivo a pensar o ideas</p> <p>Sonido, imaginación</p> <p>Modelo material: Modelo material bidimensional que se realizó en la actividad</p> <p>Mediante la comparación</p> |
| <p>El diagrama muestra un 'Mundo real' con objetos pegados: un clip, un pedazo de cinta adhesiva, un pedazo de papel y un pedazo de cinta adhesiva. Flechas indican conexiones con un 'Modelo mental' (con un pensamiento) y un 'Modelo material y/o matemático' (con un dibujo de un clip). Se mencionan 'Sonido, peso y imaginación' y 'Por características que se simbolizan y escucharon de la caja'.</p> | <p>Mundo real: Pegaron los objetos que había en el interior de la caja.</p> <p>Sonido, peso e imaginación</p> <p>Modelo mental: Un dibujo alusivo a pensar o ideas</p> <p>Dibujo o maqueta</p> <p>Modelo material: Modelo material bidimensional.</p> <p>Por las características que se simbolizaron y escucharon de la caja</p> |

| | |
|--|--|
| <p>Descripción de los diagramas</p> | |
| <p>Mundo real: Los objetos que había en el interior de la caja (pegados).</p> <p>Entre el mundo real y el modelo mental: Analogías de los objetos al interior de la caja. Evidencias como sonidos y peso. Imaginación.</p> <p>Modelo mental: Expresar de forma escrita que el modelo mental implica pensar o tener ideas. Modelos materiales bidimensionales alusivos a una persona pensando.</p> <p>Entre el modelo mental y el modelo material: Evidencias de sonido. Planificar la representación: dibujo o maqueta.</p> <p>Modelo material: Expresaron de forma escrita que era el modelo material bidimensional antes realizado. Elaboraron una copia del modelo material bidimensional (dibujo), realizado en la actividad 1.</p> <p>Entre el modelo material y el mundo real: Comparación entre el modelo y la realidad. Ver lo que hay en la caja.</p> | |

3.8.2.1. Análisis de resultados de la secuencia 2

Del análisis de la secuencia 2 de la unidad didáctica relacionada con las características de los modelos y el modelaje, se concluye que: En el análisis de los objetos en el interior de una caja posibilitó que los estudiantes analizaran el proceso de modelaje completando el diagrama.

Referente al espacio sobre el *Mundo real*: los estudiantes pegaron los objetos que encontraron en el interior de la caja, lo cual demuestra que tienen claridad respecto al mundo real.

Entre el *mundo real y el modelo mental*: los estudiantes señalaron como factores importantes para establecer un modelo mental, a las evidencias que percibieron a través de los sentidos, como sonidos o el peso de los objetos, también identificaron a las analogías.

Los estudiantes poseen claridad sobre el significado del modelo mental, ya que lo caracterizan como una representación interna, personal, que funciona como herramienta de carácter explicativo y predictivo en relación a situaciones y acontecimientos del mundo real.

Entre el modelo mental y el modelo material los estudiantes expresaron de forma escrita que estos se relacionan a través de evidencias sensoriales como el sonido ó las distintas formas de representación de los modelos materiales (dibujo o maqueta).

Los estudiantes poseen claridad sobre que los modelos materiales son la representación concreta de algún objeto. *Entre el modelo material y el mundo real* los estudiantes identificaron que interviene la comparación entre el modelo material bidimensional y la observación de lo que hay en la caja.

3.8.3. SECUENCIA 3: Secuencias de modelos y el modelaje sobre el enlace químico

Esta actividad se llama **“Las apariencias engañan”**, tiene el propósito de guiar a los estudiantes para que identifiquen el aspecto y las características generales de las sustancias a modelar a partir de observaciones iniciales (directas y cualitativas) de los cristales de cloruro de sodio y sacarosa. Para tratar de llegar a una clasificación básica de las sustancias a partir de sus características macroscópicas. En esta actividad los estudiantes construyen modelos materiales bidimensionales sobre la conductividad eléctrica de una disolución acuosa de cloruro de sodio y otra de sacarosa.

A continuación se presentan las preguntas de los instrumentos con las respuestas categorizadas.

- 1) **Coloquen un poco de cada sustancia cristalina por separado en las cajas Petri o vidrios de reloj que les den sus profesor@s (tapas de plástico o lo que esté disponible como recipiente). Obsérvenlos por medio de lupas u otros instrumentos de aumento y registren sus observaciones en la siguiente tabla. Tiempo de la actividad 5 min.**

| Equipo | Clasificación | Respuesta Características sal | Respuesta Características azúcar | Categorías |
|--------|-----------------------|---|---|-------------------------|
| 1 | Descripción breve | Salada, cristal opaco, la sal es más gruesa. | Dulce, cristal brillante es más ligerita, color. | S.1., S.5., S.6. y S.7. |
| 2 | Descripción breve | Opaca más gruesa | Es muy brillante Más fina | S.1. y S.5. |
| 3 | Descripción breve | Tiene como forma de cubo, unos más grandes que otras, color blanco. | Tiene como forma de cubo unos más grandes que otros, color blanco cristalino. | S.1., S.2. y S.6. |
| 4 | Descripción breve | Esta es un poco más gruesa que el azúcar y muy blanca. | Esta muy fina y muy cristalina. | S.1., S.5. y S.6. |
| 5 | Descripción breve | Más gruesa Cristalina o blanca. | Fina en bolitas y polvo Blanca o cristalina | S.1., S.5. y S.6. |
| 6 | Descripción detallada | Es más gruesa Tiene diferente sabor Tiene solubilidad | Es como cristalina Es más delgada los granos Tiene solubilidad | S.3., S.5. y S.7. |
| 7 | Descripción breve | Mismo color sus tamaños varían. | Mismo tamaño, algunos y otros un poco más grandes, y su color es igual. | S.1. y S.2. |
| 8 | Descripción detallada | Gruesa Color opaco Sabor más fuerte al gusto (salado) | Fina Color brillante Sabor dulce (agradable) | S.1., S.3. y S.5. |

| Categorías | Número de veces que aparece la categoría |
|---|--|
| S.1. Descripción del color de las sustancias. | 7 |
| S.2. Descripción del tamaño de las sustancias. | 2 |
| S.3. Descripción del sabor de las sustancias. | 2 |
| S.4. Descripción del olor de las sustancias. | 0 |
| S.5. Descripción de la textura de las sustancias. | 6 |
| S.6. Descripción de la forma de las sustancias. | 4 |
| S.7. Otras (solubilidad, peso) | 2 |

Las categorías más empleadas fueron el color, la textura y la forma de las sustancias.

¿En qué se parecen entre sí las dos sustancias?

| Equipo | Clasificación | Respuesta |
|--------|-----------------------|---|
| 1 | Descripción detallada | Las dos son de color blanco, a simple vista sus propiedades físicas se parecen, son cristales y solubles en agua. |
| 2 | Descripción breve | Que ambas son blancas y tienen la misma forma, textura y son solubles. |
| 3 | Descripción detallada | Tiene la misma forma En el color En la textura Se disuelven en agua |
| 4 | Descripción breve | En el color y que se disuelven en agua. |
| 5 | Descripción breve | En que tienen la misma forma, el mismo color. |
| 6 | Descripción breve | Aparentemente en color y en textura rasposa y que las dos son solubles en agua. |
| 7 | Descripción breve | Tienen la misma forma y tamaño, textura. |
| 8 | Descripción detallada | Son granos muy pequeños, de color blanquizo y se disuelven fácilmente en agua. |

¿En qué son diferentes?

| Equipo | Clasificación | Respuesta |
|--------|-----------------------|---|
| 1 | Descripción detallada | Sabor, uno brilla más que otra, su textura, una es más gruesa. |
| 2 | Descripción breve | Una es más gruesa y brilla más. |
| 3 | Descripción detallada | Una brilla más que la otra Una es más gruesa En el sabor |
| 4 | Descripción breve | En el grosor y en el sabor. |
| 5 | Descripción breve | Por su sabor, en su color ya que una brilla más, por su textura y tamaño. |
| 6 | Descripción breve | En el sabor; en el grosor y en el brillo |
| 7 | Descripción breve | Textura, tamaño y forma |
| 8 | Descripción detallada | En la textura, el sabor, tamaño, en la producción, (es decir se obtienen de manera distinta). |

Para los cristales de cloruro de sodio:

Forma: Cristalina, cúbica y más gruesa en comparación con el azúcar.

Color: blanco y opaca

Sabor: salado

Para los cristales de sacarosa:

Forma: Cristalina, cubica y más fina en comparación con la sal.

Color: blanca y brillante

Sabor: dulce

Para ambas sustancias: solubilidad

| ¿En qué se parecen entre sí las dos sustancias? | ¿En qué son diferentes? |
|---|---|
| Cristales, blancos (blanquizcos), textura y que ambas se disuelven en agua. | Brillo (el azúcar es más brillante), grosor (la sal es más gruesa), sabor (salado y dulce), textura y tamaño (no son claras). |

Por lo tanto se alcanzó el propósito, ya que los estudiantes a través de estas actividades identificaron el aspecto y las características generales de las sustancias a modelar a partir de observaciones iniciales (directas y cualitativas) de los cristales de cloruro de sodio y sacarosa. Logrando llegar a una clasificación básica de las sustancias a partir de sus características macroscópicas, ya que los aspectos más empleados para la descripción de las sustancias fueron el color, seguida de la textura, la forma, el tamaño, el sabor y la solubilidad de las mismas.

2) Observen los experimentos sobre la conductividad eléctrica de algunos materiales que realizará su maestra o maestro (entre ellos se prueba la conductividad primero sin ningún objeto, cerrando el circuito y posteriormente con agua destilada) y contesten lo que se les solicita.

¿Qué comportamiento tendrá una disolución de cloruro de sodio en agua cuando se pruebe en ella el aparato para determinar la conductividad eléctrica? ¿Se prenderá el foco? ¿Por qué?

| Equipo | Clasificación | Respuesta | Número de veces que aparece la categoría |
|--------|---------------|--|--|
| 1 | Correcto | El foco se va a encender, porque es un enlace iónico y tiene iones conductores. | F.1. |
| 2 | Correcto | Sí, porque la sal es un buen conductor de electricidad. | F.1. |
| 3 | Incorrecto | Si porque es también como un oxidante, tiene conductividad eléctrica. | F.2. |
| 4 | Incorrecto | Pues pensamos que no ya que el cloro que se encuentra en la sal, es un no metal. | F.2. |
| 5 | Incorrecto | No porque la electricidad a la que sabemos se saca de los ríos, y ahí no existe la sal. | F.2. |
| 6 | Correcto | Si x q' la solución conduce la electricidad. | F.1. |
| 7 | Incorrecto | Si se prende el foco, porque el NaCl es conductor. | F.2. |
| 8 | Correcto | Si porque las propiedades de esta sustancia son propicias para la conductividad eléctrica. | F.1. |

| Categoría | Número de veces que aparece la categoría |
|--|--|
| F.1. Si se prenderá el foco. F.2. No se prenderá el foco. | 4 4 |
| ¿Por qué? Por el enlace iónico. Tiene iones conductores. La solución conduce electricidad. Por las propiedades de la sustancia. | No hay explicaciones solo descripciones muy generales. No se mencionan más detalles sobre las características de la solución o propiedades de la sal. |

La mayoría de los equipos acertó respecto a que la disolución de cloruro de sodio en agua permite la conductividad eléctrica, las razones que dieron los estudiantes fueron las siguientes: Por el enlace iónico, porque en la disolución hay iones conductores o por las propiedades de la sustancia.

¿Qué comportamiento tendrá una disolución de azúcar cuando se pruebe en ella el aparato para determinar la conductividad eléctrica? ¿Se prenderá el foco? ¿Por qué?

| Equipo | Clasificación | Respuesta | Categorías |
|--------|---------------|--|------------|
| 1 | Correcto | No se prendera. Porque no tienen iones, la fórmula del azúcar | F.2. |
| 2 | Correcto | No porque el azúcar no es buen conductor de la electricidad. | F.2. |
| 3 | Incorrecto | La azúcar no porque tiene diferentes propiedades. | F.2. |
| 4 | Incorrecto | Pues pensamos que sí conduce porque es un metal y el metal conduce electricidad. | F.1. |
| 5 | Incorrecto | Sí, porque, la electricidad a lo que sabemos la extraen de los ríos, como el río Colorado. | F.1. |
| 6 | Correcto | No x el azúcar no conduce la electricidad. | F.2. |
| 7 | Correcto | No se prende el foco, pues el azúcar no es conductora. | F.2. |
| 8 | Incorrecto | No porque el azúcar está compuesta de gases sólidos los cuales no son propios para la conductividad eléctrica. | |

| Categoría | Número de veces que aparece la categoría |
|---|---|
| F.1. Si se prenderá el foco. F.2. No se prenderá el foco. | 4 4 |
| ¿Por qué? No tiene iones conductores No conduce electricidad. Por las propiedades de la sustancia | No hay explicaciones solo descripciones muy generales. No se mencionan nada respecto al tipo de enlace, tampoco detalles sobre las características de la solución o de las propiedades del azúcar. |

De forma similar a la anterior pregunta la mayoría de los equipos acertó respecto a que la disolución de sacarosa en agua no permite la conductividad eléctrica, las razones que dieron los estudiantes fueron las siguientes: Por las propiedades de la sustancias (sin señalar cuáles) y porque la sacarosa no tiene iones conductores en disolución.

Observen los experimentos sobre la conductividad de las disoluciones de sal y sacarosa que realizará su maestra o maestro. Tomen nota de los aspectos que consideren más relevantes.

| Equipo | Clasificación | Respuesta |
|--------|---------------|--|
| 1 | Explicación | Tuvimos razón en nuestra predicción ya que la sal disuelta en H ₂ O si conduce electricidad, porque es un mineral y en el agua libera iones y en el azúcar no se prendió el foco. |
| 2 | Descripción | Con la sal el foco prendió y con el azúcar no. |
| 3 | | |
| 4 | Aspectos | Pues que la disolución de sacarosa no conduce la electricidad, y la de sal pues sí la conduce, pensamos que por las propiedades químicas. |
| 5 | Explicación | Que la sal es igual que los metales, conducen electricidad, y fue muy sorprendente ver como prendía el foco con la disolución de la sal en el agua. |
| 6 | Descripción | El circuito conduce la electricidad en cobre, en sal disuelta en agua pero no en azúcar. |
| 7 | Aspectos | La maestra utilizó tres materiales distintos para el experimento; 1- sal- esta si condujo la electricidad y prendió el foco. 2- Azúcar – esta solución no condujo la electricidad. 3- Cobre – este material si es conductor y prendió el foquito. |
| 8 | Aspectos | Conductividad: observamos que la sal si conduce la electricidad y el azúcar no. |

| | |
|---|---|
| Aspectos relevantes: Propiedades químicas de las sustancias Conductividad Se utilizaron tres materiales distintos para las actividades experimentales: sal, azúcar y cobre. | Hay descripciones muy generales sobre las actividades experimentales. |
|---|---|

Respecto a los experimentos ¿Sucedio lo que esperaban? ¿Podrían contestar lo mismo que al inicio de la sesión sobre las diferencias y semejanzas entre sal y azúcar?

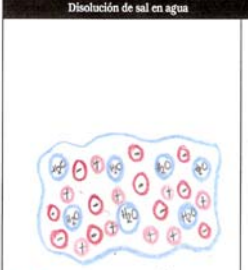
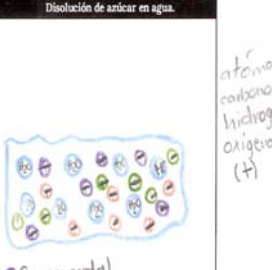
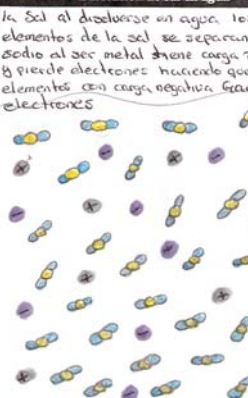
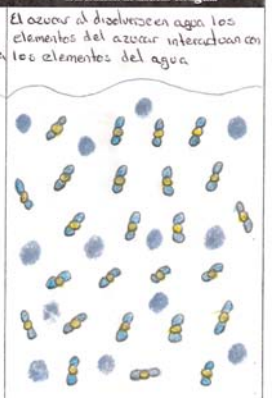
| Equipo | Respuesta |
|--------|--|
| 1 | Sí, si sucedió lo que esperábamos. No teníamos una perspectiva diferente, ni siquiera habíamos considerado la conductividad en estos cristales, mucho menos disueltos en H ₂ O. |
| 2 | Sí, si, |
| 3 | Sí sucedió lo que esperábamos, que la sal conduce y la azúcar no, por sus propiedades físicas. |
| 4 | No en la de cloruro de sodio no sucedió, ni en la del azúcar, y no pudimos constatar lo mismo, ya que ya vimos que no tienen las mismas propiedades. |
| 5 | No ya que nos dimos cuenta que la sal tiene más propiedades de conductividad eléctrica. |
| 6 | Si la hipótesis que el azúcar no condujo la electricidad. |
| 7 | Si, una hipótesis era que la solución salina era conductora y la sacarosa no; con el experimento se comprobó la hipótesis planteada. |
| 8 | Si |

| |
|--|
| Predicciones respecto a la conductividad eléctrica de las sustancias |
| La mayoría de los equipos excepto el equipo 4 y 5, sabían que la sal disuelta en agua conduce la corriente eléctrica y el azúcar no. |

Los aspectos que señalaron como relevantes fueron: las propiedades químicas de las sustancias y su conductividad. La mayoría de los equipos excepto dos, sabían que la sal disuelta en agua conduce la corriente eléctrica y el azúcar no.

Instrucciones: Construyan un modelo material (en dos dimensiones, es decir un dibujo) que explique para cada sustancia disuelta porqué una conduce la corriente eléctrica y la otra no.

Algunos de los modelos materiales bidimensionales realizados por los estudiantes se muestran a continuación:

| Modelo material bidimensional para la sal disuelta en agua | Modelo material bidimensional para el azúcar disuelta en agua | Explicación escrita | Categorías |
|--|---|--|---|
| <p>Disolución de sal en agua</p>  <p>● Cl no metal ● Na metal</p> <p>La conductividad requiere de carga (-), por lo tanto el Cl contiene carga (-) y el Na (+), esto hace que la diferencia de polos se atraigan produciendo energía.</p> <p>3) A continuación realizarán un breve análisis de los m...</p> <p>Modelo 1</p> | <p>Disolución de azúcar en agua.</p>  <p>● C no metal ● H no metal ● O no metal</p> <p>El azúcar contiene cargas negativas que hace que se repelen y no produzca energía.</p> <p>Modelo 1</p> | <p>1) Sal disuelta en agua: La conductividad requiere de carga negativa, por lo tanto, el Cl contiene carga (-) y el Na (+), esto hace que la diferencia de polos se atraigan produciendo energía.</p> <p>2) El azúcar contiene cargas negativas que hacen que se repelen y no produzca energía.</p> | <p>1) C.E.1. 2) La modificación de las características de los modelos frente a hechos que no pueden explicar.</p> |
| <p>Disolución de sal en agua</p> <p>La sal al disolverse en agua los elementos de la sal se separan y el sodio al ser metal tiene carga positiva pierde electrones haciendo que los elementos con carga negativa ganen electrones.</p>  <p>● oxígeno ● Sodio ● Hidrogeno ● Cloro</p> <p>2) A continuación realizarán un breve análisis de los m...</p> <p>Modelo 2</p> | <p>Disolución de azúcar en agua.</p> <p>El azúcar al disolverse en agua los elementos del azúcar interactúan con los elementos del agua.</p>  <p>● Azúcar (C6H12O6)</p> <p>Modelo 2</p> | <p>1) La sal al disolverse en agua, los elementos de la sal se separan el sodio al ser metal tienen carga positiva y pierden electrones haciendo que los elementos con cargas negativas ganen electrones.</p> <p>2) El azúcar al disolverse en agua los elementos de la azúcar interactúan con los del agua.</p> | <p>1) C.E.1. 2) La modificación de las características de los modelos frente a hechos que no pueden explicar.</p> |

Marco teórico:

Conductividad eléctrica de sustancias iónicas: El paso de la corriente eléctrica en estos materiales puede explicarse por la existencia de especies móviles (iones), que transportan carga a través del material cuando están disueltas.

Solubilidad de sustancias iónicas: Cuando un sólido iónico soluble se disuelve en agua, la disolución

resultante se llama disolución iónica. En donde las moléculas polares del agua son atraídas por los iones cargados eléctricamente y rodean a los iones que se incorporan a la disolución una vez que han abandonado el cristal y se han rodeado de moléculas de agua, los iones son libres para moverse. Cuando los cables del medidor de conductividad se introducen a la disolución, los iones positivos y negativos transporta la corriente a través de la disolución.

Conductividad eléctrica de sustancias covalentes: En general, las sustancias con enlace covalente no conducen la corriente eléctrica, pues tienen a sus electrones firmemente enlazados en la región internuclear. Así aun cuando algunos son solubles en agua las partículas en las que se separaron no tienen carga eléctrica.

Solubilidad de sustancias covalentes: Las sustancias con enlace covalente polar pueden ser solubles en agua, dado que interactúan con los dipolos de esta molécula. Las sustancias con enlace covalente puro no son solubles en agua porque no presentan dipolos permanentes.

| Categoría | Número de veces que aparece la categoría |
|---|---|
| <i>La conductividad eléctrica de las sustancias iónicas disueltas:</i> | |
| C.E.1. El paso de la corriente eléctrica en estos materiales puede explicarse por la existencia de especies móviles denominadas iones. | 2 |
| C.E.2. En la disolución iónica las moléculas polares del agua son atraídas por los iones cargados eléctricamente y rodean a los iones que se incorporan a la disolución una vez que han abandonado el cristal y se han rodeado de moléculas de agua, los iones son libres para moverse. | 0 |
| C.E.3. Cuando los cables del medidor de conductividad se introducen a la disolución, los iones positivos y negativos transporta la corriente a través de la disolución. | 0 |
| <i>La no conductividad eléctrica de las sustancias covalentes disueltas:</i> | |
| N.C.E.1. Cuando algunas son solubles en agua las partículas en las que se separaron no tienen carga eléctrica. | 1 |

| Características de los modelos materiales bidimensionales |
|--|
| <p>Modelo para sal disuelta en agua:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Modelo material bidimensional en donde el cloruro de sodio se representa ionizado (Na^+ y Cl^-) y se responsabiliza a los iones de la generación de energía eléctrica. 2) Modelo material bidimensional en donde el Cloruro de sodio se representan con los iones cargados (Na^+ y Cl^-) y se explica la pérdida y ganancia de electrones debido a su tendencia como metal (Na) de perder electrones y el (Cl) como no metal de ganar electrones. <p>Modelo para sacarosa disuelta en agua:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) En este modelo material bidimensional los componentes de la sacarosa al disolverse en agua están separados y poseen carga negativa, lo cual genera que no haya conductividad eléctrica. 2) En este modelo material el azúcar no se disocia en disolución sólo interactúa con las moléculas de agua. |

En los modelos materiales bidimensionales sobre el cloruro de sodio disuelto en agua se representan a los iones cargados (Na^+ y Cl^-), pero de forma limitada debido a que no representa las interacciones de estos iones con las moléculas de agua. Por otro lado, para explicar la no conductividad de la sacarosa disuelta en agua, sólo el modelo material bidimensional (1), señala que los componentes de la sacarosa al disolverse en agua no se dispersan y por lo tanto, no conduce la corriente eléctrica. Por lo tanto, ninguno de los modelos materiales bidimensionales explica de forma detallada porque la sal disuelta conduce la corriente eléctrica y la sacarosa no.

A continuación realizarán un breve análisis de los modelos que construyeron. Para ello:

| Equipo | a) lo primero que tuvieron que hacer fue: | b) y después pensaron en: | c) y después observaron que: | d)Cuál fue el objetivo específico de los modelos que construyeron: | e) Por lo tanto para modelar un objeto, un sistema o un fenómeno se necesita: |
|---------------|--|---|--|---|--|
| 1 | Pensar en una hipótesis para la conductividad entre las sales y el azúcar con agua destilada | Hacer el experimento o modelo didáctico para comprobar la hipótesis | En la sal si habrá conductividad y en la azúcar no habrá | Saber si la azúcar y la sal (que son cristales y parecen iguales) conducen electricidad disuelta en H ₂ O. | Tener conocimiento para poder explicar a través de un modelo el problema a explicar |
| 2 | Pensar e imaginar cómo se encontraban las moléculas, y después se dibujaron | El porqué se conduce la electricidad | Nuestra hipótesis fue correcta | Explicar la distribución de los átomos y el porqué la conductividad eléctrica | Una hipótesis |
| 3 | Analizar cómo podemos representar a el agua con sal y al azúcar | Como desarrollarlo | Una es metal y la otra no | Demostrar la conductividad eléctrica de el azúcar y al sal | Tener primero la idea de lo que queremos hacer, luego llevarla a la práctica y después demostrar nuestras teorías. |
| 4 | Pensar como se iba a representar la solución | Como realizar el dibujo para poner sus cargas y porque | Las propiedades de los metales y de los no metales | Representar la transferencia de la electricidad en la sal y porque no conduce en la sacarosa. | Saber las propiedades físicas y químicas de las sustancias que están involucradas |
| 5 | Pues pensar el modelo de cómo lo realizamos | Como construir el modelo | Era lo que ocurría | El darnos cuenta cual era conductora | Observar el proceso e interpretar |
| 6 | Disolver en agua la sal | Que el azúcar no conducía la electricidad y la sal si conduce la electricidad | Que el agua con sal si conduce la electricidad | Mostrar las sustancias y la solubilidad | Un problema una observación, hipótesis, teoría, conocimiento del tema, etc. |
| 7 | Analizar los elementos que conforman el compuesto final, estudiar sacar hipótesis y conclusiones | Los modelos atómicos y las propiedades de los elementos, además de algunas leyes. | Por la ley del octeto las propiedades de un electrón se comparten con el que se mezcla, así los dos elementos originales, mezclan sus propiedades en el compuesto final. | Demostrar porque una sustancia conduce electricidad y otra no, a partir de sus desarrollo químico (interno) | Tener la idea y después del mundo real y hacer la comparación para crear un modelo. |
| 8 | Crear un modelo mental, y de esta manera analizar con el equipo | Una explicación posible, y creible al fenómeno observado | La sal a diferencia del azúcar es conductor de la electricidad | Resolver porque la sal conduce la electricidad y el azúcar no, y el buen entendimiento de los dibujos realizados | Conocimientos previos, una hipótesis. |

| Categorías | |
|---|---|
| <p>a) lo primero que tuvieron que hacer fue:</p> <p>Propiedades de las sustancias: Pensar una hipótesis sobre la conductividad de las disoluciones Pensar e imaginar sobre las moléculas</p> <p>Representaciones: Pensar como se iba a representar las sustancias disueltas Analizar cómo se puede representar las sustancias disueltas</p> <p>Modelos: Pensar como se realizaba el modelo Crear un modelo mental para analizar con el equipo</p> | <p>b) y después pensaron en:</p> <p>Propiedades de las sustancias: Hacer experimento para comprobar la hipótesis Una explicación posible y creible al fenómeno observado</p> <p>Representaciones: Como realizar el dibujo</p> <p>Modelos: Como desarrollar el modelo Como construir el modelo</p> |
| <p>c) y después observaron que:</p> <p>Propiedades de las sustancias: La hipótesis fue correcta Verificaron la conductividad eléctrica de las sustancias.</p> | <p>d)Cuál fue el objetivo específico de los modelos que construyeron:</p> <p>Propiedades de las sustancias: Explicar la conductividad eléctrica</p> |

| | |
|---|---|
| | Demostrar la conductividad eléctrica Resolver la conductividad eléctrica Representaciones: Representar la conductividad eléctrica |
| e) Por lo tanto para modelar un objeto, un sistema o un fenómeno se necesita: conocimientos, conocimientos previos, hipótesis, observar y tener ideas sobre el mundo real y luego compararlas con el modelo | |

3.8.3.1. Análisis de resultados de la secuencia 3

Los estudiantes caracterizaron el aspecto y la conductividad eléctrica en disolución de la sal y la sacarosa a través de la experimentación, observación y el conocimiento que poseen sobre las sustancias.

También se cumplieron los propósitos de esta secuencia en términos de modelos y modelaje como: tener experiencias con el objeto a modelar, ya que los estudiantes identifican el aspecto, la solubilidad en agua y la conducción de corriente eléctrica en disolución acuosa para ambas sustancias, elaborar un modelo mental y otro material, debido a que realizaron modelos materiales en dos dimensiones que explican de forma parcial a nivel microscópico (partículas), la conductividad de la corriente eléctrica en disolución y logran reconocer el proceso de modelaje, ya que los estudiantes explican de forma escrita el proceso de modelaje que siguieron para realizar sus modelos materiales.

3.8.4. SECUENCIA 4

La secuencia se denominó, “**Sobre los efectos del calor**”, los propósitos de esta actividad fueron guiar a los estudiantes para que consideren la experiencia respecto a la prueba de conductividad eléctrica en estado sólido de cloruro de sodio y sacarosa, a través de la construcción de modelos materiales en dos dimensiones de los cristales en contacto con la corriente eléctrica y también guiar a los estudiantes para que planteen en sus representaciones diferencias a nivel atómico molecular.

| | |
|---|---|
| Organización: Equipos de tres estudiantes | Actividades: Experiencias de cátedra. Elaboración de modelos. |
| Tiempo de aplicación: 120 minutos. | Materiales y reactivos: <u>Prueba de conductividad eléctrica en estado sólido:</u> Circuito eléctrico, dos vidrios de reloj, cristales de cloruro de sodio y de sacarosa. <u>Prueba de calentamiento:</u> mechero de alcohol, dos cucharillas de combustión, espátula, cristales de cloruro de sodio y sacarosa. |

Instrucciones: Construyan un modelo material en dos dimensiones que explique los resultados obtenidos en la actividad anterior, pero únicamente para la sal (cloruro de sodio NaCl). Hay que recordar que el modelo también debe explicar la forma de los cristales y la conductividad de la sal cuando se disuelve en agua, es decir hay que contrastarlo con el mundo real.

Algunos de los modelos materiales bidimensionales realizados por los estudiantes se muestran a continuación:

| Modelos materiales bidimensionales que explica la no conductividad de la electricidad del cloruro de sodio (NaCl) sólido. | | |
|---|----------|----------|
| Modelo 1 | Modelo 2 | |
| | | |
| | | Modelo 3 |

| Categorías |
|---|
| <p>Modelo para sal sólida que explica la no conductividad eléctrica:</p> <p>Los tres modelos explican la no conductividad eléctrica del cloruro de sodio sólido, debido a que las cargas del (Na^+ y Cl^-) se neutralizan.</p> <p>Se representan al cloro y al sodio con diferentes colores, con sus símbolos o solamente con cargas positivas y negativas.</p> <p>Forma:</p> <p>El modelo 1, se representa con una red de forma amorfa en donde el (Na^+ y Cl^-) están juntos con cargas y luego aparece una línea que los enlaza con otro par.</p> <p>En el modelo 2 y 3, se considera la forma cúbica del cristal.</p> |

3) **Observen el experimento que realizará su maestra o maestro y anoten los resultados en la siguiente tabla.**

| Sustancia | ¿Se fundió en la cucharilla? (Si, no, o parcialmente) | ¿Por qué esto tiene que ver con sus propiedades? |
|------------------|---|--|
| Cloruro de sodio | No Se puso un poco amarilla y brinco | Es un compuesto neutro Sus interacciones son muy fuertes Porque sus partículas están unidas Por los iones están muy enlazados y son resistentes |
| Sacarosa | Si Se fundió y se quemó | Sus interacciones son débiles Porque sus partículas están separadas Porque sus átomos no tienen fuerza Al poner al calor sus componentes se separan |

3.8.4.1. Análisis de resultados de la secuencia 4

Del análisis de los modelos materiales bidimensionales para el cloruro de sodio sólido, se identifican explicaciones sobre la no conductividad eléctrica del cloruro de sodio en estado sólido, debido a que las cargas del (Na^+ y Cl^-) se neutralizan. Los códigos de representación empleados en estos modelos materiales bidimensionales representan al cloro y al sodio con diferentes colores y símbolos químicos, así como iones con cargas positivas y negativas.

Referente a la forma: El modelo 1, considera la forma cúbica del cristal. En el modelo 2, se representa con una red iónica de forma amorfa en donde el (Na^+ y Cl^-) están juntos con cargas y luego aparece una línea que los enlaza con otro par.

Posteriormente a esta actividad se calentó durante un minuto cada sustancia y se realizaron las siguientes preguntas ¿Se fundió en la cucharilla? (Si, no, o parcialmente) y ¿Por qué esto tiene que ver con sus propiedades?

Para explicar este fenómeno para el cloruro de sodio, los estudiantes dieron las siguientes explicaciones: No se fundió porque sus interacciones son muy fuertes, porque sus partículas están unidas y porque los iones están muy enlazados y son resistentes.

Para explicar este fenómeno para la sacarosa, los estudiantes dieron las siguientes explicaciones: Sus interacciones son débiles y porque sus partículas están separadas.

Por lo tanto, los estudiantes tuvieron experiencias con el objeto a modelar a través de la elaboración de experimentos mentales (pensar en la evaporación de las disoluciones) y la experimentación (prueba de conductividad eléctrica de las sustancias en sólido). Lo cual les permitió expresar su modelo mental en un modelo material bidimensional que explica la no conductividad a través de la estructura del cloruro de sodio en estado sólido.

Por consiguiente, los estudiantes construyeron modelos materiales en dos dimensiones que explican a nivel microscópico (partículas) la conducción de corriente eléctrica en disolución, la no conductividad de las sustancias en estado sólido y su comportamiento al estar en contacto con el calor (temperaturas de fusión).

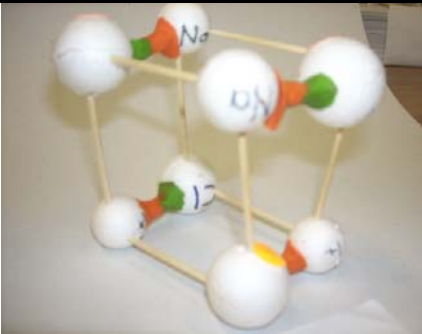
3.8.5. SECUENCIA 5: “Comparando las propiedades de las sustancias”

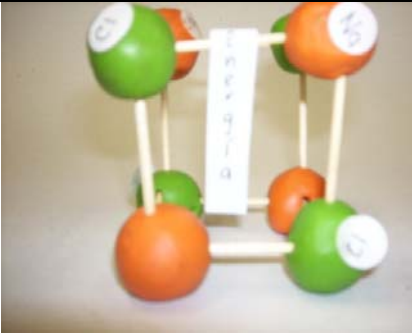
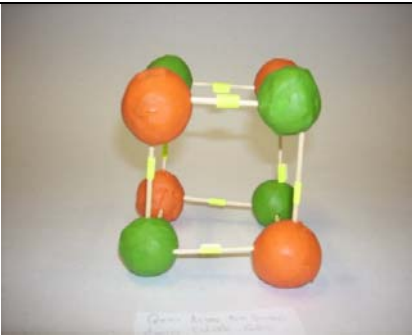



Los propósitos de esta actividad es que los estudiantes reflexionen respecto a los fenómenos observados en las actividades experimentales realizadas con anterioridad y que identifiquen los aspectos más relevantes de los modelos materiales bidimensionales que realizaron en las secuencias 1 y 2. Finalmente que los estudiantes construyan un nuevo modelo material tridimensional para el cloruro de sodio (modelen), considerando todas las propiedades de las sustancias estudiadas.

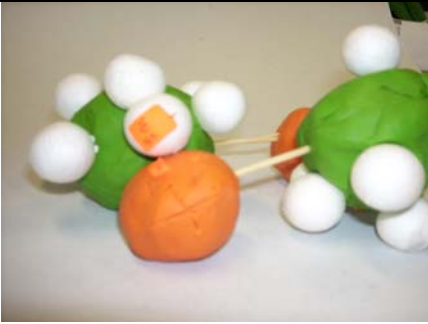

| | |
|---|--|
| Organización: Equipos de tres estudiantes | Actividades: Exposición por parte de la profesora sobre las evidencias experimentales. Lluvia de ideas ante grupo. Discusión grupal. Construcción y contrastación de modelos materiales tridimensionales. Exposición por parte de los estudiantes. |
| Tiempo de aplicación: 120 minutos. | Materiales y reactivos: <u>Modelaje en tres dimensiones:</u> Bolitas de unicel de dos tamaños diferentes, barras de plastilina de dos colores, etiquetas de colores, palillos y cinta adhesiva. |

Instrucciones: Construyan con los diversos materiales que están a su disposición, un modelo material en tres dimensiones que explique la evidencia que tienen sobre la estructura y el comportamiento de la sal (cloruro de sodio, NaCl), es decir contrastarlo. Piensen en cómo distinguir un tipo de partículas de otras en términos de su comportamiento en disolución y ante el incremento de la temperatura.

Los modelos materiales tridimensionales construidos por los estudiantes se muestran a continuación.

| Equipo | Modelo material tridimensional para el cloruro de sodio | Explicación |
|--------|---|--|
| 1 |  | <p>Las esferas pequeñas representan al ión sodio (1+) y las grandes a los átomos de cloruro (1-), identifican que se trata de un compuesto iónico.</p> <p>El enlace químico se forma por atracción de cargas (+) y (-), por lo tanto, el palillo lo cubren con plastilina de dos colores, la carga positiva la representan con plastilina anaranjada y la carga negativa con plastilina verde.</p> |

| | | |
|---|---|---|
| 2 |  | <p>Las esferas anaranjadas representan al ión sodio (1+) y las verdes a los ión de cloruro (1-), identifican que se trata de un compuestos ionico.</p> <p>Emplean un palillo para representar al enlace químico, el cual describen como la energía responsable de mantener enlazados a los iones.</p> |
| 3 |  | <p>Las esferas anaranjadas representan al ión sodio y las verdes a los iones cloruro.</p> <p>El palillo representa al enlace, el cual se explica como una interacción de las cargas positiva del ión sodio y la negativa del ión cloruro, las etiquetas amarillas son los electrones que se intercambian.</p> |
| 4 |  | <p>Las esferas pequeñas representan al ión sodio (1+) y las grandes a los átomos de cloruro (1-), identifican que se trata de un compuestos ionico.</p> <p>El enlace químico se forma por atracción de cargas (+) y (-), por lo tanto, el palillo lo cubren con plastilina de dos colores, la carga positiva la representan con plastilina anaranjada y la carga negativa con plastilina verde, la carga la hacen explicita a través de una etiqueta.</p> |
| 5 |  | <p>El modelo material tridimensional representa un cristal de sal, en donde las esferas anaranjadas estan cargadas positivamente y las esferas verdes negativamente.</p> <p>El palillo representa el enlace, que es la atracción entre las partículas cargadas.</p> |
| 6 |  | <p>Modelo material tridimensional de red amorfa en donde los átomos de cloro son las esferas anaranjadas y los átomos de cloro (no hay marcas o etiquetas que hagan explicita esta diferencia o cargas).</p> <p>El enlace lo representan con un palillo que representa la atracción entre átomos.</p> |

| | | |
|---|---|---|
| 7 |  | <p>Los iones sodio están representados por las esferas anaranjadas y los iones de cloruro por las esferas verdes, las pequeñas esferas blancas pegadas en la esfera verde (átomo de cloro) son los siete electrones de valencia que poseen el cloro, que se enlaza con el sodio una vez que este cedió un electrón, que está representado por una de las esferas blancas pequeñas pero se diferencia de las otras por que tiene una etiqueta roja, El cloro adquiere así, los ocho electrones para completar su octeto. Quedando el cloro con una carga negativa porque absorbió el electrón y el átomo de sodio adquiere una carga positiva debido a que perdió un electrón.</p> |
| 8 |  | <p>En este modelo material tridimensional las esferas verdes representan a los iones cloruro, que tienen una etiqueta con Cl¹⁻ (blanca), por otra parte, los iones sodio están representados por esferas blancas con etiqueta anaranjada (Na¹⁺), estos forman una red, en donde los iones cargados se intercalan, dentro de un recipiente cúbico que representa los límites del cristal.</p> <p>El palillo representa el enlace, que se debe a la atracción entre las partículas cargadas.</p> |

| Categorías |
|---|
| <p>Modelo material tridimensional para el cloruro de sodio:</p> <p><i>Modelos sobre enlace iónico:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Emplean un palillo para representar al enlace químico, el cual describen como la energía responsable de mantener enlazados a los iones. 2) En otros modelos, explican que el enlace químico se forma por atracción de cargas (+) y (-), por lo tanto, el palillo lo cubren con plastilina de dos colores, la carga positiva la representan con plastilina anaranjada y la carga negativa con plastilina verde. El origen de este modelo de enlace es puramente electrostático. 3) En otro modelo explican que el sodio es un metal que tiene una electronegatividad muy baja, por ello al reaccionar con el cloro, se forman iones Na⁺ y Cl⁻ que se atraen de acuerdo con la ley de Coulomb. La fuerza electrostática que une a los iones en el compuesto iónico la denominan enlace iónico. <p><i>Forma:</i></p> <p>Hay dos tipos, en donde se representa la red iónica con los iones intercalados formando un cubo y en donde se representa sólo un cubo de cuatro vértices, en donde los vértices son los iones.</p> <p><i>Códigos de representación:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) En la mayoría de los modelos materiales tridimensionales observamos a las esferas cubiertas con plastilina, en donde se diferencian a los iones cloruro emplearon el color verde y para los iones sodio emplearon la plastilina anaranjada. 2) En otros modelos materiales tridimensionales sólo se emplearon las esferas de unicel diferenciándolas con marcador o pegando etiquetas con el símbolo y la carga de cada ion. 3) En algunos modelos materiales tridimensionales las esferas pequeñas representan al ión sodio (1+) y las grandes a los átomos de cloruro (1-), identifican que se trata de un compuesto iónico. 4) En otro modelo material tridimensional los iones sodio están representados por las esferas anaranjadas y los iones de cloruro por las esferas verdes, las pequeñas esferas blancas |

pegadas en la esfera verde (átomo de cloro) son los siete electrones de valencia que poseen el cloro, que se enlaza con el sodio una vez que este cedió un electrón, que esta representado por una de las esferas blancas pequeñas pero se diferencia de las otras por que tiene una etiqueta roja, El cloro adquiere así, los ocho electrones para completar su octeto.

5) También emplean etiquetas para explicitar la carga de los iones en el enlace.

Lenguaje:

Los estudiantes emplean el término átomos en lugar de ión.

3.8.5.1. Análisis de resultados de la secuencia 5

A continuación se muestran tres tipos modelos materiales tridimensionales realizados por los estudiantes que permitieron establecer el análisis de resultados.



Al observar los modelos materiales tridimensionales se observa que prevalecieron dos tipos de modelos materiales tridimensionales para el cloruro de sodio en donde los estudiantes identifican algunas características sobre el modelo de enlace iónico:

- 1) En el primer tipo (modelo materiales tridimensionales 1 y 2), los estudiantes explicaron que el enlace químico se forma por atracción de cargas (+) y (-), por lo tanto, el palillo lo cubren con plastilina de dos colores, la carga positiva la representan con plastilina anaranjada y la carga negativa con plastilina verde. El origen de este modelo de enlace es puramente electrostático.
- 2) En el segundo tipo (modelo materiales tridimensionales 3), los estudiantes explicaron que el sodio es un metal que tienen una electronegatividad muy alta, por ello al reaccionar con el cloro, se forman iones Na^+ y Cl^- que se atraen de acuerdo con la ley de Coulomb. La fuerza electrostática que une a los iones en el compuesto iónico la denominan enlace iónico.

Casi todos los modelos materiales tridimensionales se consideran la forma cúbica de los cristales: Hay tres formas: en el modelo material tridimensional 1, se representa la red iónica con los iones intercalados formando un cubo. En el modelo material tridimensional 2, en donde se representa sólo un cubo de cuatro vértices, en cada uno de ellos, se encuentra un ión que se enlaza con otro de carga opuesta. En el modelo material tridimensional 3, en donde no se muestra la forma cúbica de los cristales, sólo considera la interacción de dos pares iónicos y sus electrones de valencia.

Respecto a la conductividad eléctrica en disolución: Los estudiantes exponen que los iones se separan permitiendo la transferencia de corriente eléctrica, lo cual señalan en sus modelos a través de explicitar la naturaleza de los iones (Na^+ y Cl^-).

Referente a la no conductividad eléctrica en estado sólido: los estudiantes expresan que las cargas de los iones se neutralizan en el sólido cristalino, lo cual evita la transferencia de corriente eléctrica. Con relación a su comportamiento al estar expuesto al calor: Los modelos materiales tridimensionales 2 y 3 no explicaban este fenómeno, en cambio los modelos 1, atribuye este comportamiento debido a que los iones están fuertemente unidos.

Respecto a los códigos de representación que emplearon los estudiantes en los modelos materiales tridimensionales, estos fueron diversos y permitieron identificar con claridad la naturaleza de los iones, su interacción, sus tamaños y sus cargas.

*Del análisis de la secuencia 5 de la unidad didáctica relacionada con la **construcción de modelos materiales tridimensionales**, se concluye que:* Los estudiantes realizaron modelos materiales tridimensionales sobre el cloruro de sodio que explican el enlace iónico, la forma de los cristales, la ionización en disolución acuosa, la no conductividad en estado sólidos y la resistencia al cambio cuando se someten a calentamiento.

En este tipo de actividades (modelaje), no se trata de evaluar un modelo como correcto a incorrecto, sino más bien, se evalúa la capacidad de explicar el fenómeno al que se refiere al compararlo con la evidencia empírica.

A través de la socialización (exposición) y explicación de los modelos materiales, los estudiantes aprendieron a contrastar y reformular a los modelos materiales construidos, identificando así, sus alcances y limitaciones respecto a los modelos materiales propuestos por sus compañeros.

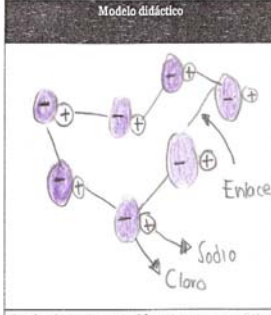
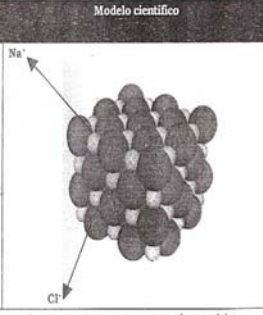
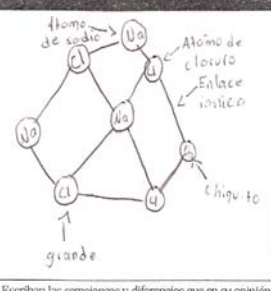
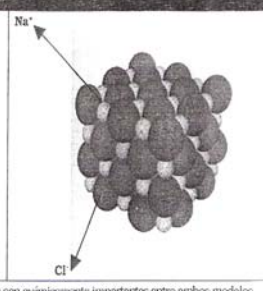
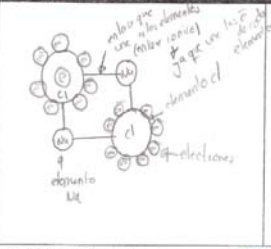
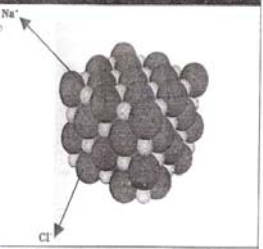
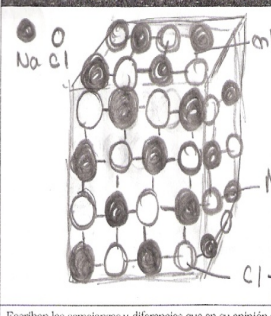
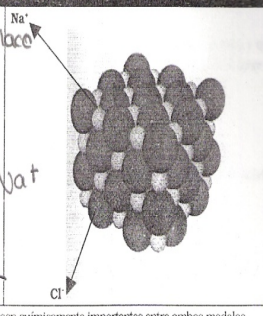
3.8.6. SECUENCIA 6 “EVALUACIÓN”

La secuencia se denominó “**Ventajas y limitaciones del modelo material comparado con el modelo científico**”, en esta actividad los alumnos deberán identificar los alcances y limitaciones de los modelos materiales (bidimensionales y tridimensionales) y los aprendizajes desarrollados sobre las propiedades de las sustancias, modelos, modelaje y enlace químico adquiridos en las actividades de la unidad didáctica, así como, comparar los modelos materiales tridimensionales realizados en la clase con el modelo científicamente aceptado para el enlace iónico.

| | |
|---|---|
| <p>Organización: Individual</p> | <p>Ítems: Preguntas: falso ó verdadero Completar frases Comparación del modelo material tridimensional contra el científicamente aceptado.</p> |
| <p>Tiempo de aplicación: 60 minutos.</p> | <p>Materiales y reactivos: Copias fotostáticas del instrumento.</p> |

II) Compara tus modelos materiales bidimensionales sobre la sal o de azúcar con los modelos descritos en el artículo, ¿En qué son iguales? ¿En qué son diferentes?

| Equipo | Modelo material bidimensional de los estudiantes, comparado con el modelo material bidimensional científicamente aceptado para el cristal de cloruro de sodio | Semejanzas y Diferencias |
|--------|---|---|
| 1 | | <p>Semejanzas: La forma en que se unen para formar cristales.</p> <p>Diferencias: Nuestro modelo estaba muy separado y no explicaba porque se funde a altas temperaturas.</p> |
| 2 | | <p>Semejanzas: Los dos representan la forma de la sal Los dos son de forma de cubo</p> <p>Diferencias: En el modelo científico no se representan los enlaces En el modelo didáctico no se representan los átomos cargados El modelo científico muestra la totalidad del cristal El modelo científico está elaborado con más conocimientos de los cristales de sal</p> |
| 3 | | <p>Semejanzas: El tipo de carga de cada uno. La forma cubica El tipo de enlace Explica la ionización</p> <p>Diferencias: El tamaño de los átomos es más grande el de cloro que el sodio. Su color. Están más juntos acomodados de uno en uno, en el mío están más dispersos.</p> |
| 4 | | <p>Semejanzas: La forma cubica Los colores diferentes de los elementos. Las cargas + y - de cada elemento.</p> <p>Diferencias: Las partículas de los elementos estaban más dispersas.</p> |

| | | |
|----------|--|--|
| <p>5</p> | <p>Representen en dos dimensiones (dibujando), el modelo didáctico que construyeron con su equipo de trabajo y compárenlo con el modelo científicamente aceptado.</p>   <p>Describan las semejanzas y diferencias que en su opinión son más importantes entre ambos modelos.</p> | <p>Semejanzas: Los dos tienen Na y Cl Están en forma cúbica Las cargas (+) y (-) se atraen.</p> <p>Diferencias: Nosotros realizamos como una cadena y no son así. En el modelo científico los átomos están unidos sólo por sus cargas La estructura de las partículas Estaban muy separadas, acomodadas por celdas.</p> |
| <p>6</p> |   <p>Describan las semejanzas y diferencias que en su opinión son más importantes entre ambos modelos.</p> | <p>Semejanzas: Que tienen las mismas cargas. Por cada Na hay un Cl. En que el átomo de cloro es grande ya que gana un electrón y el átomo de sodio es más chico por que pierde un electrón.</p> <p>Diferencias: Están estructuras diferentes El tamaño del modelo En el modelo se juntan los átomos Enlace Forma del cristal Lo cercano de los átomos</p> |
| <p>7</p> |   <p>Describan las semejanzas y diferencias que en su opinión son más importantes entre ambos modelos.</p> | <p>Semejanzas: Se presenta la forma cúbica Se muestra la unión de Cl y Na</p> <p>Diferencias: No presentan electrones La magnitud en la separación de átomos La cantidad de átomos El modelo científico no muestra los enlaces que unen a cada elemento.</p> |
| <p>8</p> |   <p>Describan las semejanzas y diferencias que en su opinión son más importantes entre ambos modelos.</p> | <p>Semejanzas: La forma de cubo Tamaño La estructura Enlace iónico Modelo tridimensional Porque conduce la electricidad en agua El punto de fusión por que al estar unidas no permite que se rompa tan fácil. El acomodo de los átomos están juntos</p> <p>Diferencias: Los enlaces se representan con los palitos. El modelo científico no tiene enlaces El tamaño de los elementos.</p> |

A continuación se presentan las categorías sobre los aspectos diferentes e iguales identificados en los modelos materiales bidimensionales de los estudiantes cuando los compararon contra los modelos materiales bidimensionales científica, ente aceptados.

| Equipo | Aspectos iguales de los dos modelos, el material de los estudiantes y el modelo científicamente aceptado | Aspectos diferentes de los dos modelos materiales el de los estudiantes y el modelo científicamente aceptado |
|--------|--|---|
| 1 | <p>1.1. El modelo que nosotros hicimos y el que viene descrito en el artículo se parece en que el Na y Cl se unen, por atracción de (+) y (-), y que es un cristal.</p> <p>1.2. Explican el enlace iónico (atracción por diferencias de cargas). En cómo están organizados para formar cristales. Formado por cloro y sodio.</p> | <p>1.1. Creíamos que estaba formado por moléculas. Esta muy separado nuestro modelo didáctico por los enlaces.</p> |
| 2 | <p>2.2. Los dos modelos tratan de explicar la sal esta en forma de cristal</p> <p>2.3. Forma cúbica</p> | <p>2.2. El modelo científico muestra la totalidad del cristal y el modelo didáctico solo una parte. El modelo científico no presenta enlaces y el modelo didáctico si presenta para que se pueda visualizar.</p> <p>2.3. Nuestro modelo didáctico sólo muestra 4 átomos de cada elemento.</p> |
| 3 | <p>3.1. La forma de los cristales de sal. El enlace iónico que se maneja. La carga de cada átomo positiva para el Na⁺ y negativa para el Cl¹⁻. En disolución acuosa como se ionizan.</p> <p>3.2. Se disuelve en agua.</p> <p>3.3. La disolución en agua de la sal, la conducción de electricidad, el modelo didáctico tiene forma de cubo con átomos de Na y Cl.</p> | <p>3.1. El tamaño de los átomos, como están acomodados unos con otros. El punto de fusión como se atraen en estado sólido.</p> <p>3.2. La escala de los átomos. En su estructura En el color Su punto de fusión</p> <p>3.3. La refracción de la luz en los cubos de sal, la separación de los átomos.</p> |
| 4 | <p>4.1. La forma de un cubo. Diferentes tamaños y diferentes cargas.</p> <p>4.2. Los polos contrarios se atraen.</p> <p>4.3. La unión por atracción de cargas (enlace iónico). La organización ya que esto va de acuerdo con las cargas.</p> | <p>4.1. La estructura Tienen más átomos en la unión del cristal.</p> <p>4.3. las celdas Sólo representamos una celda</p> |
| 5 | <p>5.1 Que ambos ya tienen un conocimiento y una idea de lo que es.</p> <p>5.2. Son cúbicos.</p> <p>5.3. Se unen por atracción de su carga y enlace iónico Formado por partículas de tamaño diferente.</p> | <p>5.1. Que en los didácticos tu lo creas y en los científicos ya es como información confirmada.</p> <p>5.2. El modelo didáctico tiene enlaces y el científico no.</p> <p>5.3. Estaban unidos por celdas Tienen forma definida Tienen más átomos para formar un cristal de sal.</p> |
| 6 | <p>6.1. En el orden de los cationes y aniones. Enlaces</p> <p>6.2. Por cada sodio hay un de cloro</p> | <p>6.1. La forma de unión Los diferentes colores Volumen</p> <p>6.2. La forma del cristal</p> <p>6.3. Las moléculas tiene que estar más juntas.</p> |
| 7 | <p>7.1. En que están unidos</p> <p>7.2. Se tomaron en cuenta todos los átomos de los diferentes elementos y se acomodaron de la misma forma de acuerdo a sus propiedades.</p> <p>7.3. Mi modelo usaba también átomos de</p> | <p>7.1. Que no se representan los electrones La cantidad de espacio entre átomos</p> <p>7.2. Diferente forma la del modelo didáctico tenía forma de cuadrado, la del modelo científico de cubo.</p> |

| | | |
|---|--|---|
| | diferentes tamaños. | |
| 8 | <p>a. La estructura, forma cristalina. El orden del acomodo de los elementos Na (+), Cl (-). El punto de fusión. La estructura interna.</p> <p>b. Que intercalamos el cloro y el sodio para que pudiera haber algún tipo de enlace. Estructura.</p> <p>c. Son iguales a los patrones parecidos al ajedrez (colores). Coincidimos en porque es difícil fundir la sal (por el acomodamiento del cloro y sodio, punto de fusión).</p> | <p>Los elementos sodio y cloro se encontraron unidos por un tipo de enlace. Nos falta volumen Distinguir en tamaño cual del sodio y el cloro.</p> |

| Categorías: | Categorías: |
|--|--|
| Aspectos iguales de los dos modelos, el material tridimensional y el científico | Aspectos diferentes de los dos modelos, el material tridimensional y el científico |
| <p>La forma de los cristales Forma cúbica Se unen por atracción de su carga y enlace iónico Formado por partículas de tamaño diferente El orden del acomodo de los elementos Na (+), Cl (-). La estructura interna, ya que intercalamos el cloro y el sodio para que pudiera haber algún tipo de enlace.</p> | <p>El modelo didáctico tiene enlaces y el científico no. Distinguir en tamaño cual del sodio y el cloro.</p> |

IV) A lo largo de esta unidad didáctica ha desarrollado modelos sobre el enlace químico, es decir ha modelado. Indique que es lo que explica su modelo (didáctico). Pongan atención sobre todo en los aspectos asociados a los resultados experimentales.

| Equipo | Aspectos que explica su modelo | Limitaciones del modelo |
|---------------|---|---|
| 1 | <p>1.1. La atracción de cargas entre Na y Cl, es un enlace iónico y porque conduce la electricidad disuelta.</p> <p>1.2. La forma de los cristales.</p> | <p>1.1. Porque se derrite a altas temperaturas. Porque estaban tan separados los átomos.</p> |
| 2 | <p>2.1. Representa un cubo Representación más fácil de entender</p> <p>2.2. Explica la forma Explica los altos puntos de fusión Explica conductividad eléctrica</p> | <p>2.1 No explica bien toda la estructura interna. 2.2. No tomaba en cuenta el tamaño de los átomos (hicimos las bolitas del tamaño que quisimos). No representa en su totalidad la sal (sólo modelamos una parte.; No explica realmente como es la forma del cristal sólo una parte de él.</p> |
| 3 | <p>3.1. cargas de los átomos Enlace iónico; Forma del cristal cubica; Ionización, disolución en agua.</p> | <p>El punto de fusión, como se atraen en estado sólido. Tamaño de los átomos.</p> |
| 4 | <p>4.1. El modelo que realice de la sal explicaba su unión por atracción de cargas y su orden de Na y Cl para conformar los cristales.</p> <p>4.3. La forma del cristal La unión del NaCl; Las diferentes cargas de los elementos que estaban muy unidos para representar el punto de fusión.</p> | <p>4.2 No explicaba totalmente como sería el modelo para cuando la sal tuviera que conducir electricidad.</p> |
| 5 | <p>5.1 Mostraba la unión de los iones positivos y los iones negativos. Mi modelo explico que había una atracción de polos opuestos para que se unieran mediante una (+) y negativos y pudieran formar un cristal.</p> | <p>5.2. No explicaba que tenía muchos más átomos, como en el científico.</p> |

| | | |
|---|--|---|
| 6 | 6.1. La estructura en forma de rombo. Comparando las cargas y haciendo enlaces para que se atraerán entre átomos. 6.2. Explicaba un cristal de forma rómbica y no cubica. 6.3. La carga positiva y positiva de las partículas. | No estaba bien explicado el enlace. |
| 7 | 7.1. En el modelo puedes observar la forma cubica que es un cristal. La carga esta expresada en el intercambio de electrón para hacer un octeto. 7.2. La disolución que tiene el cloruro de sodio cuando está presente en agua, también explica el punto de fusión. 7.3. Representaba a los átomos de Na y Cl con sus electrones de valencia, y unidos mediante el enlace iónico. | 7.2. No explica la forma de los cristales. |
| 8 | 8.1. Indica el punto de fusión, es decir, que se encuentran muy juntos los átomos. La estructura representada a manera de cristal y quizá el mostrar que tipo de enlace se formaba. 8.3. Demuestra la estructura del cristal al igual que la alta resistencia. Demuestra las cargas positiva y negativa de los átomos. | 8.2. No explica el tamaño 8.3. Falta de volumen y distinguir el tamaño (proporción). |

3.8.6.1. Análisis de la secuencia 6

Del análisis de la secuencia 6 de la unidad didáctica relacionada con la **contrastación de los modelos materiales (bidimensionales y tridimensionales)** con los modelos científicamente aceptados para el enlace químico, se concluye que: Los estudiantes discutieron los alcances y limitaciones sus modelos materiales sobre un cristal de cloruro de sodio sólido, contra los modelos científicamente aceptados. En esta etapa algunos estudiantes concluyeron que los modelos materiales sobre las sustancias estudiadas lograron explicar las propiedades de las sustancias analizadas, debido a que se parecían mucho a los modelos científicamente aceptados.

Indica a continuación que aprendiste en esta unidad didáctica:

| Equipo | ¿Qué aprendiste en esta unidad didáctica? |
|--------|---|
| 1 | 1.1. Que el NaCl está formado por iones no por moléculas. Que es un modelo y que es modelaje Los tipos de enlace, ya los comprendí mejor al menos el iónico y el covalente 1.2 Aprendí a construir modelos didácticos (modelaje) A diferenciar enlace iónico y enlace covalente A saber cómo es la estructura del NaCl y la $C_{12}H_{22}O_{11}$ |
| 2 | 2.1 Enlaces químicos, modelo científicos, modelos didácticos el proceso de ionización 2.2. A comparar modelos didácticos, de científicos, como se compone la sal y el azúcar, la forma de la sal y cuál es el enlace iónico y covalente. 2.3. El proceso para realizar un modelo, las características que debe tener un modelo, la diferencias entre el mundo real y el modelo, el propósito de los modelos y los tipos de modelo. |
| 3 | 3.1. Los enlaces, que es un modelo y todo lo que implica hacerlo, las semejanzas con la realidad, la forma del modelaje, como se comparten los electrones en cada enlace. 3.2. Aprendí como construir un modelo el cual pues quede muy satisfecho porque al fin de cuentas fue muy parecido al verdadero modelo científico de la sal. 3.3. Aprendí a hacer modelos científicos tomando en cuenta las características de cada elemento, a hacerme modelos en mi mente buscando sus propiedades, las cargas que poseen y algunos tipos de enlace con algunas características. |

| | |
|---|--|
| 4 | <p>4.1. Lo aprendido en esta unidad, fue la representación de algunos aspectos de la vida real, comparados con diversos modelos científicos. A través de estos se podría expresar como se encontraban químicamente estructurados y también como era que ocurrían sus enlaces y como conducían la electricidad.</p> <p>4.2. Aprendí a crear modelos didácticos para la representación de los cristales como la sal y la sacarosa. Aprendí a diferenciar un enlace iónico de un enlace covalente.</p> <p>4.3. Como modelar y los enlaces de los cristales, como intervienen sus propiedades para diferenciarse. Las estructuras de estos cristales.</p> |
| 5 | <p>5.1. Reafirme conocimientos de iones positivos y negativos. Aprendí hacer modelos y también lo que significa un modelo y como se dividen.</p> <p>5.2. Aprendí todo lo que se refiere a modelo, también aprendí a que no sólo debemos recibir información, sino también a formularla y descifrarla, a formular nuestros propios modelos de las cosas.</p> <p>5.3. La formulación de un modelo atómico, utilizando sustancias de la vida real, darse una idea de porque pueden llegar a conducir carga eléctrica y darle una explicación de la misma, comparación de nuestros modelos con los científicos.</p> <p>Definir con más exactitud los enlaces y ver sus diferencias y semejanzas que hay, y que reacciones tienen en una sustancia.</p> |
| 6 | <p>6.1. Aprendí que los átomos son más cercanos ya que comparten los electrones o están unidos por las cargas positivas o negativas.</p> <p>6.2. Que con un modelo se puede explicar mejor, más fácil y se entiende más la forma y las propiedades.</p> <p>6.3. A formar modelos (didácticos o científicos).</p> <p>A ver las sustancias. A ver su solubilidad, su carga y los que conducen o no la corriente.</p> |
| 7 | <p>7.1. Los enlaces iónicos y covalentes. Como hacer un modelo desde que lo imaginamos hasta que lo expresamos físicamente. A expresar una idea para que los demás la entiendan.</p> <p>7.2. Aprendí a realizar modelos, a modelar y a analizar la composición interna de un compuesto cómo representarlo didácticamente además de mejorar la realización de hipótesis para formular modelos.</p> <p>7.3. Aprendí a modelar, aprendí sobre los enlaces iónicos y covalentes.</p> |
| 8 | <p>8.1. Que para poder presentar una idea o bien cualquier otra cosa son necesarios los modelos y que estos comienzan a partir del modelo mental, que poco a poco se va formando, con objetivos definidos y conocimientos teóricos, Así posteriormente se obtendrá por resultado un modelo.</p> <p>8.2. Para poder realizar un modelo se tiene que investigar, experimentar es decir modelar para poder acercarnos o darnos una idea de cómo sería el mundo real. Tiene que parecerse para explicar, en este caso el de la sal, explica su estructura, su enlace, la ionización, la conductividad y el punto de fusión.</p> <p>8.3. Como crear modelos (a partir de modelos mentales, didácticos y científicos)</p> <p>Diferencias físicas y químicas de la sal y el azúcar. Observar y analizar la información proporcionada para crear tu propio modelo de enlace.</p> |

Finalmente los estudiantes explican de forma escrita qué fue lo que aprendieron en términos generales: los modelos sobre enlace iónico y covalente, estructura y propiedades de las sustancias estudiadas, a construir modelos (proceso), así como las características de estos. También mencionan habilidades como; observar, analizar, formular y desifrar la evidencia experimental, representar aspectos de las sustancias químicas analizadas, comparar y explicar modelos.

Logros alcanzados

De acuerdo con los objetivos establecidos al inicio de esta tesis, los logros alcanzados fueron los siguientes:

- 1) Se diseñó una unidad didáctica denominada: “*Conociendo los modelos sobre enlace químico por medio de la enseñanza basada en modelos y modelaje en ciencias naturales*”, que incluye sesiones de modelos y el modelaje científico, abordando el estudio de los modelos sobre enlace químico. Una versión reducida de la misma ha sido publicada (Chamizo y García, 2010) y de manera completa se presenta en el anexo 1.
- 2) Se elaboró el *Cuestionario sobre modelos de enlace químico, modelos y modelaje científico*. Posteriormente se realizaron pruebas de validez (a juicio de expertos) y confiabilidad (método de mitades partidas y test-retest), con las que se obtuvieron coeficientes de correlación mayores a 0.9, por lo tanto, el instrumento posee una correlación positiva fuerte.
El cuestionario fue aplicado dos veces (al inicio y al final del estudio del tema), tanto al grupo experimental (al cual se realizó la intervención didáctica) y a cuatro grupos control (a los cuales no se realizó la intervención didáctica), con ello se logró evaluar los conocimientos adquiridos por ambos grupos.
- 3) Se realizó la intervención didáctica (la aplicación de la unidad didáctica) en condiciones normales de aula, con el grupo 135-B de la asignatura química 1, dentro del contexto del primer año del Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Sur, durante el semestre 2010-1.

Conclusiones

De acuerdo con los logros alcanzados de la intervención didáctica y los objetivos establecidos al inicio de esta tesis, se concluye lo siguiente:

- 3.1) Respecto con el análisis de propiedades macroscópicas de sustancias iónicas y covalentes, se demostró que los estudiantes modelan y explican las propiedades y la estructura de las mismas a través de sus modelos materiales, por lo tanto, la aplicación de la unidad didáctica favoreció la adquisición de habilidades de modelaje y de comunicación que posibilitaron un mayor nivel de dominio sobre los modelos de enlace iónico y covalente.

De acuerdo con la construcción de los modelos materiales (bidimensionales y tridimensionales) de sustancias iónicas y covalentes, se identificó que los

estudiantes durante el proceso de modelaje construyeron los mejores modelos materiales posibles, aunque no siempre se logró el modelo material más completo, por lo que fue necesaria la reformulación de los mismos hasta que lograran explicar las evidencias sobre la estructura y el comportamiento químico de las sustancias analizadas. También durante el proceso de modelaje se promovió la comunicación efectiva entre estudiantes, a través de la toma de decisiones con relación a una problemática en común, el análisis de la información, el intercambio de ideas y el respeto hacia las ideas de los demás. Por otra parte, también se desarrolló y se emplearon códigos de representación que permitieron la visualización de conceptos abstractos (enlaces) y de entidades químicas no visibles (átomos, iones, compuestos o moléculas), por consiguiente, los diversos códigos de representación empleados por los estudiantes, reflejan diferentes niveles de abstracción, así como, diferentes niveles de dominio sobre la estructura y comportamiento de las sustancias. Por lo tanto, para la construcción de modelos se requiere el uso de un lenguaje representacional, ya que a través de los modelos materiales se concretan ideas, se toman decisiones sobre los materiales (texturas, colores, formas y tamaños), se discuten aspectos espaciales, se plantean y se responden preguntas de manera diferente.

- 3.2) Referente a la construcción de modelos materiales, estos tienen sentido para los estudiantes en cuanto a capacidad de explicar, ya que se ajustan a la evidencia experimental de las sustancias analizadas. Más aún, como en diversas secuencias los diferentes equipos defienden su modelo material frente a los demás estudiantes, se favorece el trabajo en equipo y algunas habilidades de comunicación como: la discusión grupal y la exposición frente a grupo. Por otra parte, al socializar los modelos materiales finales, se realiza una comparación entre ellos, que permite identificar diferencias y similitudes, esta comparación hace relevante al aprendizaje para los estudiantes, por haber participado en un proceso de construcción similar.
- 3.3) De acuerdo con los modelos materiales, se demostró que los estudiantes pueden contrastar sus modelos materiales contra los modelos construidos por la comunidad científica logrando con ello, identificar los alcances y limitaciones de sus modelos. También reconocieron que a partir de hechos (propiedades físicas y químicas de las sustancias iónicas y covalentes), se pueden generar y reformular modelos en función de las diversas maneras de estudiarlos, por lo tanto, los modelos materiales de los estudiantes al igual que los modelos científicos pueden ser modificados, es decir, son explicaciones provisionales debido a que dependen de cómo se interprete la evidencia experimental.
- 3.4) De acuerdo con el análisis de resultados de la aplicación del cuestionario pos-test, se demuestra que el conocimiento sobre los modelos de enlace que

poseen los estudiantes del grupo experimental fue mayor en comparación con los otros grupos, debido a que el grupo experimental obtuvo el 71.16 % de respuestas correctas, en comparación con el promedio de los porcentajes obtenidos por los cuatro grupos control después de haber visto el tema, que fue de 54.63%. Esto es muy importante ya que demuestra que la intervención didáctica mejoró los porcentajes de respuestas correctas obtenidos en los bloques I, II, IV, V y VI del cuestionario, estos resultados indican que los estudiantes del grupo experimental adquirieron más conocimientos sobre: enlace químico, propiedades de sustancias iónicas disueltas en agua y su estructura en estado sólido, características del modelaje, propiedades físicas y químicas de sustancias iónicas y covalentes y características de los modelos. Sólo se presentó un decremento de respuestas correctas para el grupo experimental en el bloque III, lo que indica que los estudiantes de los grupos control adquirieron más conocimiento sobre propiedades de sustancias covalentes polares y no polares. Esto se debe a que la Unidad didáctica no integraba una secuencia específica para estudiar las propiedades de sustancias covalentes polares y no polares, por lo que para mejorar la Unidad Didáctica se deberá diseñar e integrar una secuencia de sustancias covalentes polares y no polares.

Por otra parte, la comprensión de los estudiantes sobre los modelos, es que son representaciones de un objeto o idea, basados en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo, con un objetivo específico, también identifican claramente al modelaje como el proceso de construcción y reformulación de modelos.

Finalmente, considero que esta propuesta puede ser la base de futuras propuestas didácticas (unidades, secuencias, estrategias y actividades) basadas en la enseñanza de los modelos y el modelaje de ciencias naturales debido a que es una herramienta muy útil para mejorar la enseñanza de la química.

Recomendaciones

Estas recomendaciones son para docentes que esté interesado en trabajar estrategias de enseñanza- aprendizaje bajo este enfoque.

La enseñanza basada en los modelos y el modelaje científico brinda ventajas para la enseñanza de la química, debido a que es una actividad que promueve oportunidades de aprendizaje, ya que posibilita el desarrollo de habilidades de visualización de entidades o conceptos abstractos, la formulación de preguntas, el intercambio de ideas, la realización de predicciones, la generación de modelos mentales (Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2003) y de modelos materiales (Chamizo, 2010). Esta propuesta también promueve que los estudiantes desarrollen una comprensión sobre los contenidos más coherente y flexible sobre los temas, que les permite generar opiniones críticas respecto a los fenómenos estudiados, así como vivenciar el conocimiento científico (Justi, 2006).

Para realizar unidades didácticas bajo este enfoque, se dan las siguientes recomendaciones:







- La construcción y aplicación de secuencias de enseñanza basadas en los modelos y el modelaje requiere de una sólida formación disciplinar, así como conocer cuáles pueden ser las ideas previas o concepciones alternativas de los estudiantes sobre el tema. También es necesario el desarrollo de una metodología atractiva y motivante tanto en su diseño como aplicación, que contemple la selección de actividades relevantes que brinden evidencias de los «objetos» a modelar.
- La profesora o el profesor guían la discusión en clase al proponer preguntas y hacer referencia a temas o conceptos que se han discutido con anterioridad, dado que conoce las concepciones previas de los estudiantes, y puede así confrontar algunas explicaciones, pedir que expliquen mejor, pedirles a los demás que hagan preguntas y discutir no sólo el modelo material presentado sino también el proceso de construcción del modelo. Por lo tanto, el centro de la actividad del profesor o profesora es ayudar a los alumnos a pensar, más que resolver preguntas o dudas.
- La profesora o el profesor deben de tomar en cuenta que la función de las actividades experimentales en las secuencias de enseñanza basadas en modelos y modelaje es totalmente diferente a la de una enseñanza tradicional, porque no es para verificar algo que se estudió en la teoría o para comprobar algo que está en el libro de texto, sino que más bien se utiliza para generar evidencias y para probar los modelos. Estas actividades despiertan el interés, curiosidad y la reflexión respecto a los fenómenos

observados en las experiencias de cátedra realizadas y se tratan de relacionar con otros que se dan en la vida cotidiana, evitando con ello, el trabajo práctico “de receta”.

CONOCIENDO LOS MODELOS SOBRE ENLACE QUÍMICO POR MEDIO DE LA ENSEÑANZA BASADA EN MODELOS Y MODELADO EN CIENCIAS NATURALES

Nombre: _____

Fecha: _____ Grupo: _____

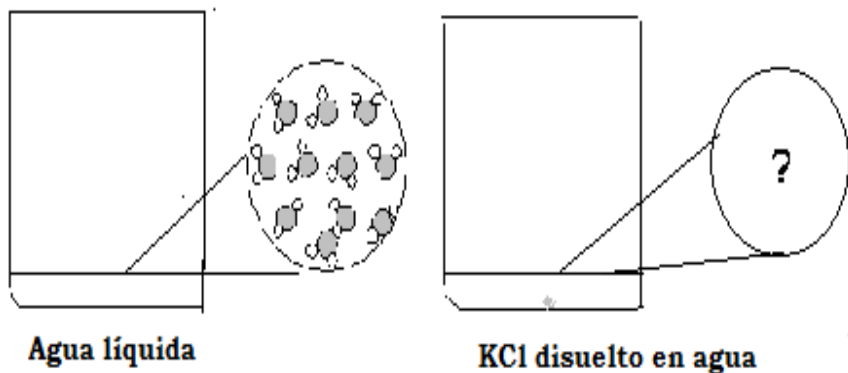
| En el presente cuestionario se presentarán los modelos materiales bidimensionales sobre las siguientes entidades químicas: | | | |
|--|---|---|---|
| Modelo material bidimensional de un átomo de flúor |  | Modelo material bidimensional para un ión potasio |  |
| Modelo material bidimensional para un átomo de hidrógeno |  | Modelo material bidimensional para un ión cloruro |  |
| Modelo material bidimensional para un átomo de cloro |  | Modelo material bidimensional para una molécula de agua |  |

Instrucciones: *Marca con una X la respuesta que consideres adecuada.*

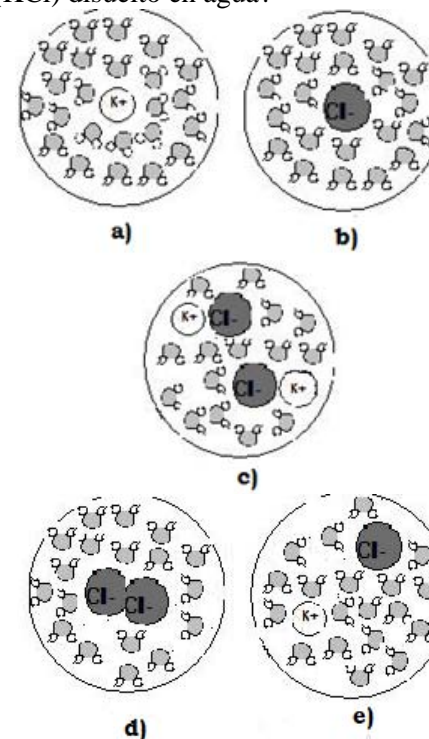
1. El enlace químico se entiende como:

- a) La unión física entre diferentes sustancias
- b) Fuerzas de atracción entre átomos
- c) La afinidad entre diferentes sustancias
- d) La ganancia o pérdida de electrones
- e) Interacciones eléctricas entre núcleos y electrones o entre iones vecinos.



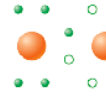
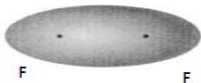
2. El círculo a la derecha muestra una vista aumentada de una porción muy pequeña de agua líquida en un recipiente.



¿Cuál de los siguientes modelos materiales bidimensionales corresponde al cloruro de potasio (KCl) disuelto en agua?



3. En el F₂, los electrones que enlazan a los átomos se comparten por igual, indica cuál de los siguientes modelos materiales bidimensionales es el más adecuado para representar el F₂

| | |
|----|---|
| a) |  |
| b) |  |
| c) |  |
| d) |  |
| e) | No sé |

4. Una de las principales características del modelaje es que:
- Se muestra a través de personas que visten prendas o accesorios con el fin de exhibirlo a terceros.
 - Se refiere a las instrucciones para armar un objeto.
 - Se describe a través de personas que se comportan de forma ejemplar.
 - Se relaciona con la resolución de ecuaciones matemáticas.
 - No sé.

5. Los cristales macroscópicos de **cloruro de sodio (NaCl)** se pueden caracterizar de acuerdo con las siguientes propiedades de la tabla:

- | |
|--|
| I) Color |
| II) Tamaño |
| III) Conductividad eléctrica en estado sólido |
| IV) Conductividad eléctrica en disolución acuosa |
| V) Forma |
| VI) Temperatura de fusión |

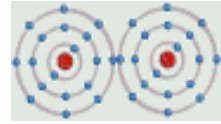


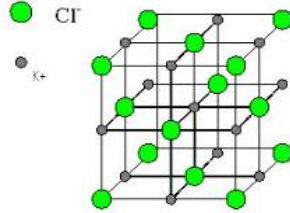
¿Cuáles propiedades de la tabla anterior permiten clasificar a estas sustancias, mediante un **modelo de enlace iónico**?

- I y III
 - I y V
 - IV y VI
 - V y VI
 - II y IV
6. Una de las principales características de los modelos es que:
- Se descubren en la naturaleza.
 - Se muestran en los laboratorios.
 - Se eligen entre varios diferentes.
 - Se construyen para representar un aspecto específico del mundo.
 - Se convierten en ecuaciones matemáticas.


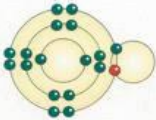


7. ¿Cuál de los siguientes modelos atómicos es el mejor para explicar al enlace químico?

- Modelo de Demócrito
- Modelo de Dalton
- Modelo de Thomson
- Modelo de Bohr
- Modelo de Lewis

8. Las propiedades del cloruro de potasio (KCl) sólido se pueden explicar mediante un modelo de enlace iónico ¿Cuál de los siguientes modelos materiales bidimensionales es el más adecuado para representar el KCl sólido?

| | |
|----|--|
| a) |  |
| b) |  |
| c) |  |
| d) |  |
| e) | No sé |

9. Las propiedades del HCl, se pueden explicar mediante un modelo de enlace covalente polar, de acuerdo con el cual los electrones se comparten de modo desigual. ¿Cuál de las siguientes modelos materiales bidimensionales es la más adecuada para el HCl?

| | |
|----|---|
| a) |  |
| b) |  |
| c) |  |
| d) |  |
| e) | No sé |

10. ¿Cuál de estas frases expresa mejor tu idea sobre modelo?

- Son representaciones de un objeto, idea, sistema o proceso creado con un objetivo específico.
- Es una persona que posa para pintores, escultores, fotógrafos, etc.
- Indica de manera ejemplar actitudes que se propone imitar.
- Es una marca de cerveza mexicana.
- Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o proceso.

11. Los cristales macroscópicos de **sacarosa** ($C_{12}H_{22}O_{11}$) se pueden caracterizar de acuerdo con las siguientes propiedades de la tabla:

| |
|---|
| I) Conductividad eléctrica en disolución acuosa |
| II) Temperatura de fusión |
| III) Forma |
| IV) Color |
| V) Conductividad eléctrica en estado sólido |
| VI) Tamaño |

¿Cuáles propiedades de la tabla anterior permiten clasificar a estas sustancias, mediante un **modelo de enlace covalente**?

- I y III
- I y V
- IV y VI
- V y VI
- I y II

12. ¿Cuál de los siguientes enunciados describe mejor tu idea sobre modelaje?

- Se trata de resolver una ecuación matemática.
- Se refiere al proceso de construcción de modelos.
- Se vincula con la realización de experimentos.
- Se relaciona con la observación de los fenómenos naturales.
- No sé.

Gracias por tu participación

CONOCIENDO LOS MODELOS SOBRE ENLACE QUÍMICO POR MEDIO DE LA ENSEÑANZA BASADA EN MODELOS Y MODELADO EN CIENCIAS NATURALES

Secuencia 1. Actividad 2. Sobre los modelos y el modelaje

NOMBRES _____

INSTRUCCIONES: Después de leer y comentar con tus compañeros el texto. Contesta el cuestionario que se presenta continuación.

1. ¿Qué entiende por analogía? Ejemplifique.

2. Mencione y ejemplifique tres tipos de modelos (que no se mencionen en el texto), que estén relacionados con la química.

3. Con tus propias palabras, indica la razón por lo que se construyen los modelos.

4. ¿Por qué no es correcta la siguiente frase?
“El mejor modelo material de un gato es otro. Preferentemente el mismo gato”

5. ¿Cuál es el objetivo de los modelos didácticos?

6. Reflexiona con tus compañeros: ¿Cómo es que las personas modelamos?

7. Realiza un diagrama en donde sean evidentes los pasos o etapas implicadas en este proceso.

8. Con tus propias palabras, elabora una definición de modelaje.

CONOCIENDO LOS MODELOS SOBRE ENLACE QUÍMICO POR MEDIO DE LA ENSEÑANZA BASADA EN MODELOS Y MODELADO EN CIENCIAS NATURALES

Secuencia 1. Sobre los modelos y el modelaje

NOMBRES _____

INSTRUCCIONES: Lee con cuidado el siguiente texto. Al término completa la tabla que se presenta.

LOS MODELOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

José Antonio Chamizo
Facultad de Química, UNAM

Antecedentes

La palabra modelo es polisémica; se ha empleado y se emplea aún con sentidos diversos. Por un lado es ejemplar, es decir indica aquellas cosas, actitudes o personas que se propone imitar. La valentía de un guerrero, la inteligencia de un sabio, la solidaridad de un médico, la velocidad de un corredor o la belleza de una mujer son ejemplos de modelos en este sentido. En el presente texto se emplea la palabra modelo en su otro y también generalizado sentido. Así, aquí:

*Los modelos (**m**) son representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo (**M**), con un objetivo específico.*

En esta definición todas las palabras son importantes: las representaciones son fundamentalmente ideas, aunque no necesariamente ya que también pueden ser objetos materiales. Las representaciones no son por sí mismas, y valga la redundancia, autoidentificantes. Las representaciones lo son de alguien que las identifica como tales. Una analogía

está constituida por aquellos rasgos o propiedades que sabemos similares en **m** y **M**. *Que se construyen contextualizando*, remite a un tiempo y lugar históricamente definido lo que además enmarca la representación; *cierta porción del mundo* indica su carácter limitado, los modelos son respecto al mundo **M** parciales. *Un objetivo específico*, establece su finalidad, general pero no necesariamente, el explicar. Hay que recordar que la explicación es una de las más significativas características de las ciencias.



Figura 1 Ejemplos de modelos materiales, aquí bidimensionales. Maqueta tridimensional, mapa bidimensional, rata experimental.

Hay que precisar más aún sobre tres aspectos de los modelos que permiten identificarlos claramente:

- De acuerdo con la analogía los modelos (**m**) pueden ser mentales, materiales o matemáticos.
- De acuerdo a su contexto pueden ser a su vez didácticos o científicos, dependiendo de la comunidad que los justifique y el uso que se les dé. Aquí es muy importante el momento histórico en el que los modelos son construidos. Puede decirse, en general, que los modelos más sencillos son los más antiguos.
- La porción del mundo (**M**) que se va a modelar puede ser un objeto, un fenómeno o un sistema integrantes del

mismo.

Así, hay modelos materiales didácticos sobre un determinado objeto (por ejemplo un dibujo del sistema solar o un mapa o una célula) o modelos científicos matemáticos sobre un sistema específico (por ejemplo la ecuación de *van der Waals* sobre los gases, $P(V-nb) = nRT$ donde b considera que efectivamente estas partículas tienen un volumen propio, siendo un modelo más sencillo $PV = nRT$ en donde las partículas no tienen volumen).



Figura 2 Tipos de modelos

Clasificación de los modelos de acuerdo a la analogía

Los modelos (**m**) son representaciones, basadas generalmente en analogías. Así pueden ser semejantes a esa porción del mundo, generalmente más sencillos, pero no enteramente, de manera que se pueden derivar hipótesis (y/o predicciones) del mismo y someterlas a prueba. Los resultados de esta prueba dan nueva información sobre el

modelo. Las analogías pueden ser: mentales, materiales y matemáticas.

Los modelos mentales son representaciones plasmadas en la memoria episódica (aquella de largo plazo, explícita y declarativa) construidos por nosotros para dar cuenta de (dilucidar, explicar, predecir) una situación. Son los precursores de las conocidas “ideas previas” y en ocasiones pueden ser equivalentes. Son inestables, al ser generados en el momento y descartados cuando ya no son necesarios, cognitivamente serían modelos de trabajo desechables.

Los modelos materiales son a los que tenemos acceso empírico y han sido construidos para comunicarse con otros individuos. Los modelos materiales son los modelos mentales expresados a través de un lenguaje específico (cómo el de la química), objetos en dos (por ejemplo un dibujo) o tres dimensiones (como una maqueta). También lo son los modelos experimentales como las ratas macho Sprague-Dawley (Figura 1) que se utilizan de manera estandarizada en las investigaciones biomédicas para modelar enfermedades o la acción de posibles remedios para las mismas (piénsese en ellas como una especie de maqueta robot no construida por nosotros). Así, por ejemplo, para conocer la toxicidad de una sustancia es necesario matar, pero en la actualidad en lugar de matar esclavos como se sugería en la antigua Grecia o prisioneros en los campos de concentración nazis se matan ratas.

Una ley es una descripción sucinta de el resultado de un número finito de experimentos. No es un dogma inflexible. Describe únicamente los experimentos que se han realizado mientras la ley se reconoce como valida. Estas leyes básicas de la naturaleza, dependiendo del resultado de un nuevo experimento, podrán no ser validas el próximo año.

Por lo demás, los modelos matemáticos no únicamente pueden formularse lingüísticamente (con algún lenguaje matemático, se entiende) sino también mediante signos, diagramas o gráficas. Una gráfica de puntos y líneas puede

constituir un modelo matemático.

Clasificación de los modelos de acuerdo al contexto

La palabra contexto, nos indica el diccionario, remite al entorno físico o la situación determinada, ya sea política, histórica, cultural o de cualquier otra índole en la cual se considera un hecho. También establece el sentido y el valor de una palabra, frase o fragmentos considerados. Sobre los modelos hay que diferenciar claramente dos contextos: el de la investigación científica por un lado y el de la ciencia escolar y sus didácticas, por el otro.

Los modelos científicos

El conocimiento científico (cuando no está sujeto a las restricciones de secrecía que le imponen las compañías comerciales o los ministerios de defensa) es conocimiento público sujeto a comprobación por otras personas, generalmente científicos. Es esa posibilidad de repetir una y otra vez los experimentos y las observaciones en diferentes condiciones de tiempo y espacio, y validarlos comúnmente, lo que hace que el conocimiento científico sea objetivo y confiable. La principal forma de comunicarlo es a través de artículos en revistas especializadas de las cuales se publican miles de ellas, mes tras mes en todo el mundo.

Los científicos construyen modelos sobre una determinada porción del mundo y son dichos modelos, sus ventajas y desventajas lo que reportan a sus colegas. Contrariamente a lo que se piensa comúnmente, una vez que no hay un método científico universal, una de las actividades principales de los científicos es evaluar cuál, de entre dos o más modelos rivales, encajan con la evidencia disponible y por lo tanto cuál representa la explicación más convincente para determinado fenómeno en el mundo.

Los modelos didácticos

La ciencia escolar es la que corresponde a los conocimientos construidos y elaborados en el entorno escolar. No es la ciencia tal cual de los científicos, sino una reconstrucción de ésta, al mismo tiempo que tampoco es un reflejo de los saberes cotidianos de los alumnos. Aquí la idea principal es la de transposición didáctica, que indica los procesos por medio de los cuales el conocimiento científico se transforma de manera que sea posible su aprendizaje por los alumnos, independientemente de su edad y de sus condiciones socioculturales.

Ejemplos de modelos didácticos son muchas de las ilustraciones que se muestran en los libros de texto y que generalmente aparecen como verdades incuestionables, sin identificar sus limitaciones y descontextualizadas históricamente.

Clasificación de los modelos (m) de acuerdo a la porción del mundo (M)...que se modela.

Obviamente los modelos lo son de “algo”. “Algo” que se encuentra en el mundo. “Algo” que es el mundo. Ahora bien el mundo real (**M**) es tan extraordinariamente complejo, en cada objeto (cómo un automóvil, o un puente) o fenómeno (algo que sucede y que es percibido, como la lluvia o la digestión), o sistema (el conjunto de cosas que se relacionan entre si y funcionan juntas integralmente... cómo algunos mapas del metro o cómo el sistema solar) influyen tantas y tan diversas variables que para intentar entenderlo los relacionamos con sus respectivos modelos (**m**).

MODELAJE

La construcción de un modelo es un compromiso entre las analogías y las diferencias que tienen con la porción del mundo que se está modelando. Así, cuando el modelo no encaja con los datos empíricos obtenidos puede ser ampliado y corregido. Como ya se dijo su mayor complejidad generalmente se reconoce a lo largo del tiempo.

Los modelos se desarrollan a través de un proceso iterativo en el cual la evidencia empírica permite revisar y modificar los presupuestos básicos de los mismos. Un modelo es generalmente uno, en una secuencia histórica en un área particular del saber, ya sea este científico o escolar. La historia de la ciencia es rica en ejemplos de cómo las comunidades científicas han desarrollado modelos para explicar el mundo real y cómo éstos han ido evolucionando para ir acomodando la evidencia empírica acerca de los hechos observados. El modelo atómico de *Dalton* es más sencillo que el modelo atómico de *Thomson* (una vez que éste considera la existencia de los electrones) o que el de *van't Hoff* (ya que considera al átomo de carbono tetraédrico) y estos a su vez que los de *Rutherford* o de *Bohr* (ya que ambos consideran además de la existencia de los electrones la del núcleo). No siempre es fácil establecer la sencillez o complejidad de un determinado modelo.

La actividad científica consiste, fundamentalmente, en la construcción y validación de modelos y modelar es construir modelos. Ahora bien la actividad científica no empieza en los hechos, sino en las preguntas; y las preguntas dependen del marco teórico desde el cual se formulan. Así, los hechos no son independientes de los observadores y de sus maneras de ver el mundo. La sociedad en que viven día a día la comunidad científica, los docentes y los alumnos (los dos últimos en un proyecto de ciencia escolar) determina o limita el tipo de preguntas que se hacen o que pueden responder ellos mismos, además de influir en sus conclusiones, debido a la presencia o ausencia de programas educativos o de investigación científica, de reconocimientos o castigos a la misma actividad y de tolerancia o imposición de áreas de investigación. Un primer esquema sobre los modelos y el modelaje se muestra en la figura 4, en donde el resultado obtenido de enlazar los tres cuadros a través de las tres funciones es conocimiento, ya sea este escolar o científico.

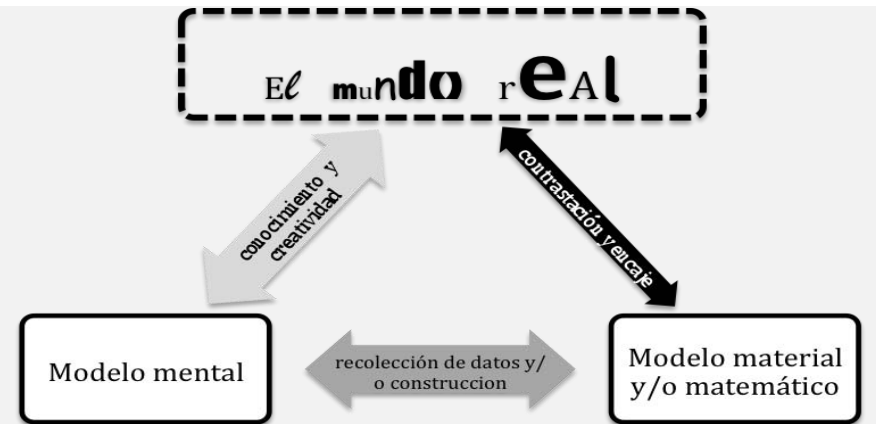


Figura 4 Modelos y modelaje

Así, a partir de las preguntas, se deriva la construcción de un primer modelo: un modelo mental. Lo anterior recordando que los modelos se construyen contextualizando una determinada porción del mundo con un objetivo específico. No hay ni reglas, ni métodos para aprender a hacerlo, pero sin duda requiere de dos condiciones:

- conocimiento (para saber hasta donde sea posible cómo es esa porción del mundo).
- imaginación y creatividad (para diseñar virtualmente el modelo compatible con esa porción del mundo de acuerdo al objetivo establecido).

En el entorno de ciencia escolar se pueden construir los tres tipos de modelos. Muchos profesores desde luego estarán familiarizados con los modelos materiales de dos y tres dimensiones y seguramente, sin saberlo a plenitud, con los modelos mentales. También es posible modelar matemáticamente, como se hace por ejemplo al construir la ecuación que permite predecir la altura a la que rebotará una pelota si se conoce la altura a la que se le deja caer (desde

luego después de recopilar una buena cantidad de datos experimentales).

Así finalmente puedo concluir con *M. Izquierdo*, destacada investigadora en este campo, pero extendiéndolo a todas las ciencias:

La enseñanza de la química planificada como actividad de modelización de los fenómenos permitiría recuperar el significado práctico y axiológico de los conceptos químicos, puesto que éstos sólo dicen cómo es el mundo a partir de lo que se puede hacer en él. Si los fenómenos que se escogen son relevantes desde un punto de vista social este nuevo enfoque de la enseñanza sería adecuado para la alfabetización científica de la ciudadanía, permitiendo introducir las entidades científicas a partir del conocimiento profundo de fenómenos en los que se puede intervenir.

<http://www.modelosymodelajecientifico.com/main.html>

Bibliografía consultada

| |
|--|
| |
|--|

Tarea: Subraya las palabras desconocidas y busca en el diccionario su significado.

| Palabra | Significado |
|----------------|--------------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

**CONOCIENDO LOS MODELOS SOBRE ENLACE QUÍMICO POR MEDIO DE LA ENSEÑANZA BASADA
EN MODELOS Y MODELAJE EN CIENCIAS NATURALES**
Secuencia 3. Las apariencias engañan

NOMBRES _____

INSTRUCCIONES: Lean con cuidado cada uno de los párrafos, anoten las respuestas en los espacios en blanco, realicen los experimentos (u observen los que realicen su maestr@) y hagan los modelos que se les solicita. Cuentan con 50 minutos para terminar.

1) Coloquen un poco de cada sustancia cristalina por separado en las cajas Petri o vidrios de reloj que les den sus profesor@s (tapas de plástico o lo que esté disponible como recipiente). Obsérvenlos por medio de lupas u otros instrumentos de aumento y registren sus observaciones en la siguiente tabla. Tiempo de la actividad 5 min.

| Sustancia | Dibujen los cristales | Describan otras características |
|-----------|-----------------------|---------------------------------|
| Sal | | |
| Azúcar | | |

¿En qué se parecen entre sí las dos sustancias?

¿En qué son diferentes?

2) Observen los experimentos sobre la conductividad eléctrica de algunos materiales que realizará su maestra o maestro (entre ellos se prueba la conductividad primero sin ningún objeto, cerrando el circuito y posteriormente con agua destilada) y contesten lo que se les solicita.

¿Qué comportamiento tendrá una disolución de cloruro de sodio en agua cuando se pruebe en ella el aparato para determinar conductividad eléctrica? ¿Se prenderá el foco? ¿Por qué?

¿Qué comportamiento tendrá una disolución de azúcar cuando se pruebe en ella el aparato para determinar la conductividad eléctrica? ¿Se prenderá el foco? ¿Por qué?

Observen los experimentos sobre la conductividad de las disoluciones de sal y sacarosa que realizará su maestra o maestro. Tomen nota de los aspectos que consideren más relevantes.

Respecto a los experimentos ¿Sucedio lo que esperaban? ¿Podrían contestar lo mismo que al inicio de la sesión sobre las diferencias y semejanzas entre sal y azúcar?

Construyan un modelo material (en dos dimensiones, es decir un dibujo) que explique para cada sustancia disuelta porqué una conduce la corriente eléctrica y la otra no.

| Disolución de sal en agua | Disolución de azúcar en agua. |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| | |

- 3) A continuación realizarán un breve análisis de los modelos que construyeron. Para ello:
- a) lo primero que tuvieron que hacer fue:

- b) y después pensaron en:

- c) y después observaron que:

- d) Por lo tanto para modelar un objeto, un sistema o un fenómeno se necesita:

**CONOCIENDO LOS MODELOS SOBRE ENLACE QUÍMICO POR MEDIO DE LA ENSEÑANZA BASADA
EN MODELOS Y MODELADO EN CIENCIAS NATURALES
Secuencia 4. Sobre los efectos del calor**

NOMBRES _____

INSTRUCCIONES: Lean con cuidado cada uno de los párrafos, anoten las respuestas en los espacios en blanco, observen los experimentos que realicen su maestr@ y hagan los modelos en dos dimensiones que se les solicita. Cuentan con 50 minutos para terminar.

1) Imaginen que dejan a la intemperie (a la acción de la luz solar y del ambiente) dos recipientes con las disoluciones de sal y la disolución de azúcar (por separado) durante un día o hasta que se evapore la totalidad del agua.

Dibujen (es decir construyan un modelo material en dos dimensiones) ¿qué creen que quedará en el fondo de cada recipiente?

2) Observen el experimento que realizará su maestra o maestro y anoten los resultados en la siguiente tabla.

| Sustancias | Aspecto | ¿Conduce electricidad en estado sólido? |
|--|---------|---|
| Cloruro de sodio (NaCl) | | |
| Sacarosa (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁) | | |

¿Sucedió lo que esperaban?

Hay alguna diferencia entre las sustancias en cuanto a su conductividad en estado sólido?

¿Por qué ninguno de los dos sólidos cristalinos conducen la corriente eléctrica?

Construyan un modelo material en dos dimensiones que explique los resultados obtenidos en la actividad anterior, pero únicamente para la sal (cloruro de sodio NaCl). Hay que recordar que el modelo también debe explicar la forma de los cristales y la conductividad de la sal cuando se disuelve en agua.

Modelo que explica la no conductividad de la electricidad del cloruro de sodio (NaCl) sólido

Para llegar a este modelo en dos dimensiones, ¿pensaron igual que en la secuencia anterior?

¿Por qué?

¿Qué diferencia encuentran?

3) Observen el experimento que realizará su maestra o maestro y anoten los resultados en la siguiente tabla.

| Sustancia | ¿Se fundió en la cucharilla? (Si, no, o parcialmente) | ¿Por qué esto tiene que ver con sus propiedades? |
|---|--|---|
| 1.- Cloruro de sodio (NaCl) | | |
| 2.- Sacarosa (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁) | | |

Investiguen cómo es su estructura molecular y cristalina del azúcar (sacarosa C₁₂H₂₂O₁₁), identificando cómo y dónde lo hicieron, y dibújenla a continuación.

CONOCIENDO LOS MODELOS SOBRE ENLACE QUÍMICO POR MEDIO DE LA ENSEÑANZA BASADA EN MODELOS Y MODELADO EN CIENCIAS NATURALES
Secuencia 5. Comparando las propiedades de las sustancias

NOMBRES _____

INSTRUCCIONES: Lean con cuidado cada uno de los párrafos, anoten las respuestas en los espacios en blanco y hagan los modelos en dos y tres dimensiones que se les solicita. Cuentan con 50 minutos.

1) Completen la siguiente tabla considerando los resultados experimentales de las sesiones anteriores.

| Sustancia | Aspecto | ¿Se disuelve en agua? | ¿Transfiere la corriente eléctrica en disolución? | ¿Transfiere la corriente eléctrica en estado sólido? | ¿Se fundió en la cucharilla? (Si, no, o parcialmente) | ¿Por qué esto tiene que ver con sus propiedades? |
|---|---------|-----------------------|---|--|---|--|
| Cloruro de sodio (NaCl) | | | | | | |
| Sacarosa (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁) | | | | | | |

¿Cuáles propiedades son iguales en la sal y en el azúcar

¿Cuáles propiedades son diferentes entre la sal y el azúcar?

- 2) Construyan con los diversos materiales que están a su disposición, un modelo en tres dimensiones que explique la evidencia que tienen sobre la estructura y el comportamiento de la sal (cloruro de sodio, NaCl). Piensen en cómo distinguir un tipo de partículas de otras en términos de sus comportamiento en disolución y ante el incremento de la temperatura. Posteriormente completen la siguiente tabla.

| Nuestro modelo tridimensional de la sal explica: | Si | No |
|---|----|----|
| La forma de los cristales | | |
| La solubilidad en agua | | |
| La conductividad de la corriente eléctrica en disolución | | |
| La conductividad de la corriente eléctrica en estado sólido | | |
| Su alto punto de fusión | | |

- 3) Presenten el modelo construido al resto de sus compañeros (ellos harán lo mismo) y discutan entre todos cual explica mejor la evidencia experimental y las diferencias entre la sal y el azúcar.

CONOCIENDO LOS MODELOS SOBRE ENLACE QUÍMICO POR MEDIO DE LA ENSEÑANZA BASADA EN MODELOS Y MODELAJE EN CIENCIAS NATURALES

Secuencia 6. Ventajas y limitaciones del modelo escolar comparado con el modelo científico.

NOMBRE _____

El propósito de esta sesión es que apliques los aprendizajes de las sesiones anteriores sobre el enlace químico y que los amplíes por medio del análisis de una lectura en la que se relaciona lo que desarrollaste con información sobre la naturaleza de la materia.

Al término de la evaluación habrás:

- Demostrado que conoces las diferencias estructurales y de comportamiento de dos sustancias sólidas cristalinas.
- Relacionado las evidencias físicas con modelos que expliquen su estructura y sus características.
- Comparado los modelos elaborados por científicos con los que tú elaboraste con tu equipo.
- Relacionado los modelos de enlace iónico y covalente con estructuras de red y molecular, respectivamente.

- 1) Lee con cuidado el siguiente artículo. Al término completa el cuestionario que se presenta.

DESAYUNO CON CRISTALES

El mundo físico es realmente simple. Los elementos están formados por átomos y los átomos se juntan para formar moléculas, ¿cierto? ¡Pues no!, en realidad la mayor parte de nuestro mundo sigue patrones diferentes de comportamiento, aprovechemos una escena cotidiana para entender a qué nos referimos...

El desayuno es normalmente un momento en el que comemos de prisa para cumplir con los compromisos de cada día. Dificilmente lo consideramos un espacio para pensar acerca de los átomos y de cómo se unen para formar los materiales que nos rodean. Sin embargo, si te sientas a la mesa con un espíritu observador, podrás encontrar algunos secretos revelados del mundo químico: seguramente habrás usado un poco de azúcar sobre tu cereal, y probablemente habrás sazonado los huevos con un poco de sal. Estos dos ejemplos, la sal y el azúcar, son perfectos para poner en evidencia algunas de las diferentes formas en que los átomos se ensamblan en los materiales que conforman una fracción del mundo material: la del estado sólido.

LA SAL

Para estudiarla de cerca, empieza por esparcir algunos granitos en la palma de tu mano, coloca una linterna por debajo de la misma, préndela y muévela en varios ángulos diferentes. Verás pequeños reflejos, consecuencia del fenómeno de refracción cuando la luz choca con las paredes de los pequeños cubitos de sal. Si los observas de más cerca, ahora con una lupa, verás que las paredes de los granitos de sal son lisas, tanto como lo puede ser un espejo y que la mayoría tienen geometrías parecidas, como de cubos; algunos hasta pueden considerarse cubos casi perfectos. Lo importante a destacar es que los granos de sal no se ven como pedazos de vidrio roto, tienen lados definidos por ángulos y aristas rectas y regulares: lo que estás observando entonces no son simples granos: son cristales.

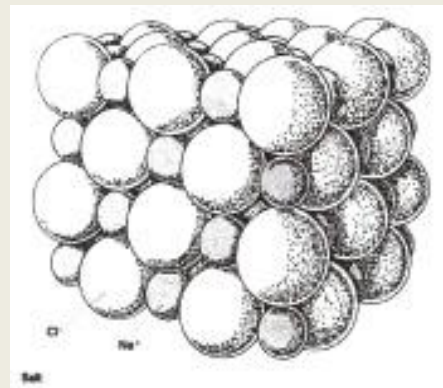
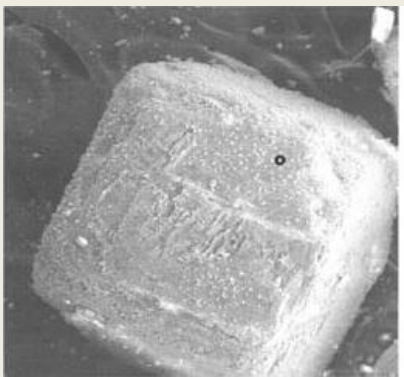
Un cristal de sal consiste de una estructura tridimensional, formada por patrones geoméricamente repetitivos llamados unidades o celdas. Las pequeñas unidades están a su vez formadas por la unión de partículas más pequeñas de carga negativa y otras de carga

positiva, llamadas iones. Los iones positivos se conocen como cationes de sodio y los negativos como aniones de cloro (también conocidos como cloruros), acomodados en un patrón específico.

Para poder visualizar mejor este patrón, es decir, cómo se acomodan las celdas repetidas de los iones en la sal, imagina primero un tablero de ajedrez con cuadros rojos y negros alternados. Ahora imagina que colocas otro tablero encima, pero haciendo coincidir los cuadros rojos sobre los negros, de manera que quedan ligeramente desfasados. Ahora añade un nuevo tablero, cumpliendo nuevamente la regla que los colores queden alternados uno sobre otro. Si siguieras agregando más tableros hasta obtener un cubo de tableros habrás formado un modelo del cristal cloruro de sodio, los cuadros rojos representan a los cationes del metal y los cuadros negros al cloro cargado negativamente.

Ahora bien, la fórmula del cloruro de sodio (NaCl), te podría sugerir que está formado por un único átomo de sodio y un solo átomo de cloro, lo cual ya sabes que no es así. Como se entiende a partir del modelo, en la sal no hay moléculas independientes de cloruro de sodio. ¿Y entonces?

Si te pudieras encoger hasta tener el tamaño de un átomo y meterte en un cristal de sal, podrías navegar eternamente dentro de esta prisión tridimensional sin encontrar ni una sola partícula de sodio adherida a un cloro de manera independiente. Esto significa entonces que la fórmula que escribimos para una sustancia cristalina de tipo iónico como el NaCl, no está indicando el número de átomos de cada especie en una molécula, sino la proporción de un átomo con respecto a otro en la celda cristalina. En la siguiente figura se muestra una fotografía de un cristal de sal y el modelo científico que explica su estructura, obviamente no están a la misma escala.



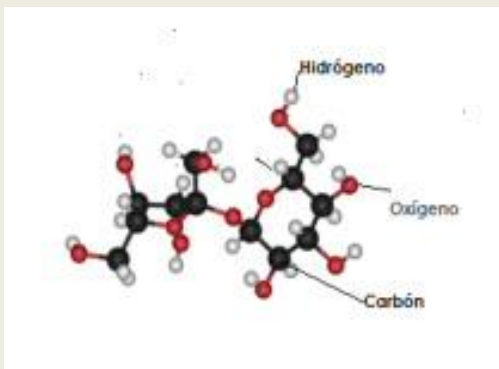
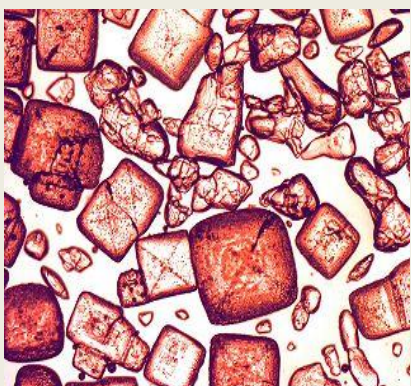
EL AZÚCAR O SACAROSA

Si examinamos ahora la última otra de las sustancias en la mesa del desayuno, encontramos al azúcar o sacarosa. Y bueno, al adentrarnos en el entorno microscópico de este compuesto resulta que observamos algo que ya extrañábamos... ¿está formado de moléculas!

Después de estudiar el caso de los átomos unidos y agrupados formando redes, resulta que finalmente, el azúcar es una sustancia que tiene como patrón regular de organización la unión de átomos que constituyen los famosos agregados químicos conocidos como moléculas. En las moléculas como las de azúcar, no hay cargas presentes, los átomos se unen por medio de electrones que se comparten entre los núcleos de los átomos de los distintos elementos, de manera que tiene propiedades muy diferentes a las de la sal.

Cada molécula de azúcar está formada por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno unidos por lo que llamamos “enlaces covalentes” en un arreglo distintivo y único. La fórmula $C_{12}H_{22}O_{11}$, indica el número de átomos de cada clase que se encuentran en cada una de las moléculas. Y si, como en el caso de la sal, tomaras unos granitos de azúcar y los colocarás en

tu palma, iluminándolos con una linterna ¿qué crees que pasaría?, pues que también se desprenden reflejos, también reflejan la luz como lo hace un espejo: ¡también son cristales! Esto sucede porque cuando las condiciones de temperatura son adecuadas, las moléculas de azúcar se acomodan en patrones regulares (unas sobre otras) en un patrón repetitivo, algo que, como sabemos es característico de los cristales. Los cristales de sacarosa (por lo tanto) están formados por moléculas. Pero en los cristales de azúcar sucede algo muy diferente a los de sal o de cuarzo: no se forman redes, las moléculas están juntas por las interacciones eléctricas débiles que las acercan unas a otras. Si analizas un poco esta situación con respecto a las propiedades del azúcar, podrás entender porqué la sacarosa funde a tan baja temperatura, algo que seguro has podido constatar al hacer “caramelo” para las palomitas o los flanes en tu casa. En la siguiente figura se muestra una fotografía de unos cristales de azúcar (el color es para que se vean mejor....¡tu sabes que el azúcar no es roja!) y el modelo científico sobre su estructura molecular que explica algunas de sus propiedades, no todas (por ejemplo la geometría de los cristales). Obviamente no está a la misma escala.



2) CUESTIONARIO FINAL (individual)

I) De acuerdo a lo que entendiste de la lectura, marca falso (F) o verdadero (V) al término de cada frase:

- a. Cuando se funde, la sal conduce la corriente eléctrica ()
- b. El azúcar no conduce la corriente eléctrica en estado sólido ()
- c. En la sal encontramos moléculas de NaCl ()
- d. En el azúcar las moléculas forman redes que crecen en todas direcciones ()
- e. La sal no sólo conduce la corriente eléctrica en disolución acuosa ()
- f. Las sustancias covalentes no pueden formar cristales ()
- g. En la sal, las interacciones son por atracción de carga ()
- h. En el azúcar, las moléculas se juntan debido a interacciones débiles ()
- i. En la sal, los electrones se comparten a través de la red iónica ()
- j. En las moléculas de azúcar no hay electrones, ya que no conduce la corriente eléctrica ()

II) Compara tus modelos de sal o de azúcar con los modelos descritos en el artículo, ¿En qué son iguales? ¿En qué son diferentes?

| Aspectos iguales de los dos modelos, el didáctico y el científico | Aspectos diferentes entre los dos modelos, el didáctico y el científico |
|--|--|
| | |

III) A partir de las siguientes aseveraciones:

- **Las sustancias iónicas son aquellas que se pueden interpretar usando un modelo de enlace iónico (unión por atracción de cargas positivas y negativas).**
- **Las moléculas se pueden explicar utilizando un modelo de enlace covalente (en el que los átomos que las conforman comparten electrones en pares que se colocan entre los núcleos de los átomos). Además las moléculas se unen entre sí a través de interacciones eléctricas débiles.**

Completa las frases que están a continuación con el modelo de enlace que has aprendido:

- En la sal, los átomos de cloro y de sodio forman iones negativos y positivos que se unen entre sí. Dicha unión se explica mucho mejor a través del modelo de enlace _____, lo cual puedo explica sus siguientes propiedades:

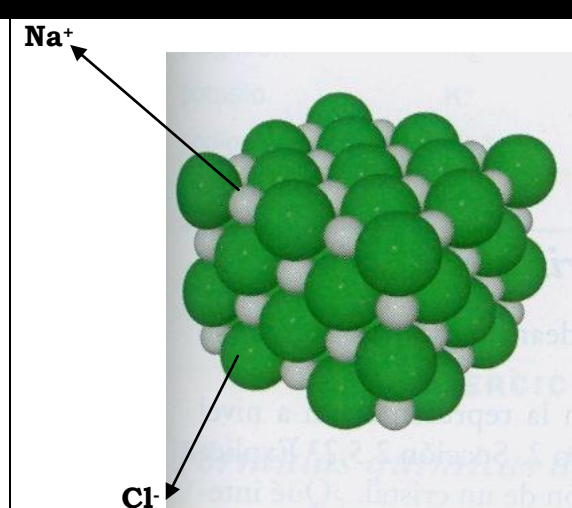
- En el azúcar, los átomos de carbono, oxígeno e hidrógeno se unen. Dicha unión se explica mucho mejor por medio del modelo de enlace _____, lo cual explica sus siguientes propiedades _____

IV) A lo largo de esta unidad didáctica ha desarrollado modelos sobre el enlace químico, es decir ha modelado. Indique que es lo que explica su modelo (didáctico). Pongan atención sobre todo en los aspectos asociados a los resultados experimentales.

Ahora bien su modelo didáctico tiene ventajas y limitaciones cuando se compara con el modelo construido y aceptado por la comunidad científica. En este tema ya desde hace miles de años, a partir del momento que se aceptó la existencia de partículas elementales (los átomos) se busco la fuerza capaz de mantenerlos unidos.

IV) A continuación se presenta de manera resumida diversas características del modelo cristal iónico (científico). Revisenlo con cuidado y completen el cuadro que aparece al final.

De forma general, en el modelo de cristal iónico. El sólido está formado por iones, especies que tienen demasiados o insuficientes electrones para neutralizar la carga positiva de sus núcleos. Un catión (ión positivo) es un átomo o un grupo de átomos, que ha perdido uno o más electrones. La carga positiva resulta del hecho de que no hay suficientes electrones para neutralizar las cargas positivas de los protones nucleares. Un anión (ión negativo) es un átomo o grupo de átomos que han ganado uno o más electrones extra. La carga negativa resulta del hecho de que hay más electrones de los que se necesitan para neutralizar las cargas positivas de los protones nucleares. Los iones se mantienen en su posición por fuerzas de atracción muy fuertes con los vecinos más cercanos, formando una disposición ordenada que se denomina cristal iónico. Cuando un sólido iónico soluble se disuelve en agua, la disolución resultante se llama disolución iónica. En donde las moléculas polares del agua son atraídas por los iones cargados eléctricamente y rodean a los iones que se incorporan a la disolución una vez que han abandonado el cristal y se han rodeado de moléculas de agua, los iones son libres para moverse. Cuando los cables del medidor de conductividad se introducen a la disolución, los iones positivos y negativos transporta la corriente a través de la disolución.

| Representen en dos dimensiones (dibujando), el modelo didáctico que construyo con su equipo de trabajo y compárenlo con el modelo científicamente aceptado. | |
|---|--|
| Modelo didáctico | Modelo científico |
| |  |

Escriban las semejanzas y diferencias que en su opinión son químicamente importantes entre ambos modelos.

| Semejanzas | Diferencias |
|------------|-------------|
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |
| _____ | _____ |

IV) Indica a continuación que aprendiste en esta unidad didáctica:

Referencias bibliográficas

- Aragón, F. (2004). *Historia de la Química*, Síntesis, España, pp. 191-193.
- Asimov, I. (1975). *Breve historia de la química. Introducción a las ideas y conceptos de la química*, Alianza Editorial, Madrid España, pp. 112-129.
- Black M. (1969). *Metáforas y modelos*, Editorial Tecnos, Madrid España, pp. 232-235.
- Brock, H. (1998). *Historia de la Química*, Alianza Editorial, Madrid España, pp. 395 -429.
- Catalá, R.M. y Muñoz, M. (2010) “Modelos y modelaje sobre enlace químico”. En *Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales*, Chamizo, J.A y Gracia, A. (coordinadores). Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 33-50.
- Caamaño, A. (2001). *Repensar el curriculum de química en los inicios del siglo XXI*, Rev. Alambique, 29, p.43.
- Caamaño, A. (2003). *La enseñanza y el aprendizaje de la química*, en M. P. Jiménez (coord.) et al., *Enseñar Ciencias*, Graó, Barcelona España, pp. 203 - 216.
- Campanario, J.M. y Moya, A. (1999). *¿Cómo enseñar Ciencias? Principales propuestas y tendencias*, Rev. Enseñanza de las ciencias 17(2), pp.179-192.
- Chamizo, J.A. (1992). *Modelos del enlace químico*, Rev. Elementos, Universidad Autónoma de Puebla, 5, pp. 28-32.
- Chamizo, J.A. (2005). *Los modelos de la química*, Rev. Educación Química, Facultad de Química, UNAM, 17(4), pp. 476- 482.
- Chamizo, J.A. y Márquez, J.R. (2006). *Modelación molecular estrategia didáctica sobre la constitución de los gases. La función de los catalizadores y el lenguaje de la química*, Investigación temática, RMIE, Vol. 11, octubre-diciembre, núm. 31, pp. 1241-1257.
- Chamizo, J.A. (2009). *Filosofía de la química: I. Sobre el método y los modelos*. Rev. Educación química. Facultad de química UNAM, 20(1), pp.6 -11.

- Chamizo, J.A. (2010). *Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias*. Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien., 7(1), pp. 26-41
- Chamizo, J.A y Gracia Franco. (2010). *Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 13-18.
- Chittleborough, D., y Treagust, F. (2009). *Why Models are Advantageous to Learning Science*, Rev. Educación química. Facultad de química UNAM, 20(1), pp. 12-17.
- Coll, R.K., France, B. y Taylor, I. (2006). *El papel de los modelos y analogías en la educación en ciencias: implicaciones desde la investigación*. Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien., 3(1), pp. 160-162.
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison K. (2008). *Research Methods in Educación*. Routledge, Inglaterra.
- Cruz-Garritz, D., Chamizo, J. A. y Garritz, A. (1986). *Estructura atómica. Un enfoque químico*, Wilmington, De, USA: Addison Wesley Iberoamericana, cap.3.
- Driver, R. (1988). *Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias*. Rev. Enseñanza de las ciencias 18(3), pp. 423-437.
- Erduran S., Duschl R. (2004). *Interdisciplinarity Characterization of Models and the Nature of Chemical Knowledge in the Classroom, Studies in Science Education*, 40, pp.111-144.
- Estany, A. e Izquierdo, M., *La evolución del concepto de afinidad analizada desde el modelo de S. Toulmin*, LLULL, vol. 13, 1990. pp. 349 -378.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). *Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico*, Rev. Enseñanza de las ciencias 19 (2), pp. 231-242.
- García-Franco, A., Garritz, A. y Chamizo J.A. (2008). “Enlace químico una aproximación constructivista”. En *Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura*, Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 93- 145.

- García, P. y Sanmartí, N. (2006). *La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos*, En Quintanilla, M. y Aduriz, A. (eds.), Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Santiago de Chile: Ed. PUC.
- Garcés, S., Herrera A. y Velázquez, L. (2008). "La búsqueda. Ideas previas en el nivel universitario: evolución y persistencia". En *Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura*, Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 37- 58.
- Garritz Ruiz, Andoni (1997), "La química y los contenidos escolares", en: González J., León T. y Venegas Norma (coord.), *Contenidos relevantes de Ciencias Naturales para la educación básica. Antología*, Fundación SNTE para la Cultura del Maestro Mexicano, México, p. 23-26.
- Guevara, M.S. y Valdez, R.G. (2004). *Los modelos en la enseñanza de la química: Algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza y aprendizaje*, Rev. Educación química. Facultad de química UNAM, 15(3), pp.243 -247.
- Gire, R. (1999), *Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico*, Rev. Enseñanza de las ciencias, Número extra, pp. 63-70.
- Greca, I.M. Y Moreira, M.A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de Física en electricidad y magnetismo, *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 289-303.
- Guidoni, P. (1985). *On natural thinking*, *Eur. J. Sci. Educ.*, 7(2), pp. 133-140.
- Hodson, D. (1994). *Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*, Rev. Enseñanza de las ciencias 12 (3), pp. 299-313.
- Izquierdo, M., Sanmartí N. y Espinet, M. (1999). *Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales*, Rev. Enseñanza de las ciencias 17(1), pp. 45-59.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Estaña J. L. (2007). "Actividad química escolar: modelización del cambio químico". En *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*, Universidad Autónoma de Barcelona, pp.141-164.
- Jorba, J., Sanmartí, N. (1995). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua*, Publicaciones del MEC: Madrid.
- Johnstone. A.H. (1993) *The Development of Chemistry Teaching*. Journal of Chemical Education. 70(9), pp. 701-705.

- Johnstone. A.H. (2000) *Teaching of Chemistry – Logical or Psychology?* Chemistry Education: Research and practice in Europe. 1(1) pp. 9-15.
- Justi, R. y Gilbert, J. (2002). *Models and Modelling in Chemical Education*, en J. Gilbert et al. (Ed) *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 47- 68.
- Justi, R. (2006). *La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos*, Rev. Enseñanza de las ciencias 24(2), pp. 173–184.
- Justi, R. y Van Driel, J. (2006). *The use of the interconnected Model of Teacher Professional Growth for understanding the development of science teacher's knowledge on models and modeling*, Theching and Teacher Education, 22, pp. 437 – 450.
- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*, Aula XXI. Santillana, México, Cap.5.
- Leal, A. (1997). *Construcción de sistemas simbólicos: La lengua escrita como creación*, Gedisa Editorial, Barcelona España, pp. 187-190.
- Livage, J. (1981). *El enlace químico*, Rev. Mundo científico, 1(1), pp. 54-63.
- McMurry J. (1994). *Química orgánica*, Grupo Editorial Iberoamérica S.A de C.V., México, pp. 505-507.
- Matus, L., Benarroch, A. y Perales, F. (2008). *Las imágenes sobre enlace usadas en los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de investigación educativa*, Rev. Investigación didáctica, 26(2), pp. 156-173.
- OCDE (2001). *La medida de los conocimientos y destrezas de los alumnos. La evaluación de la lectura, las matemáticas y las ciencias en el proyecto Pisa 2000*. Madrid: INCE.
- Oliva, J. M. y Aragón, Ma.M. (2009). *Aportaciones de las analogías al desarrollo del pensamiento modelador de los alumnos en química*, Rev. Educación química. Facultad de química UNAM, 20(1), pp.41 -53.
- Palma, A.H. (2008). *Metáforas y modelos científicos. El lenguaje en la enseñanza de la ciencia*, Libros del Zorzal, Argentina. pp. 13-32.
- Pauling, L. (1977). *Química general*, Editorial Aguilar, España, pp.147-162.

- Pérez, G. Ma. L. (2007). *Filosofía de la química. Bases onto-epistemológicas de su simbología*, Instituto Politécnico Nacional, México, Cap.2.
- Pisa (2006). *Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura*. OCDE (2006).
- Pozo, J.L., Sanz, A., Gómez, M.A. Y Limón, M. (1991) *Las ideas de los alumnos sobre las ciencias: Una interpretación desde la psicología cognitiva*, Rev. Enseñanza de las ciencias (9), pp. 83-94.
- Pozo, J.I. y Gómez, M.A. (2004). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, Ediciones Morata, Madrid España, pp. 17-32.
- Prieto, Ma. D. (1992). *Habilidades cognitivas y currículum escolar*, Amarú Ediciones, Salamanca, pp.23-30.
- Raviolo, A. (2009). *Modelos analogías y metáforas en la enseñanza de la química*, Rev. Educación química. Facultad de química UNAM, 20(1), pp. 55-60.
- Ríos, S. (1995). *Modelización*, Alianza Universidad. Madrid, España.
- Sampieri, R., Collado, C. y Lucio, P., (2003). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill, México, pp.345-359.
- Sánchez, G. y Valcárcel, M. (1993). *Diseño de Unidades Didácticas en el área de las ciencias experimentales*. Enseñanza de las ciencias, 11 (I), pp. 33-44.
- Sánchez, B. y Valcárcel, P.M. (2000). *Cambios y dificultades tras un programa de formación*, Rev. Enseñanza de las ciencias 18(3), pp. 423-437.
- Sanmartí, N. y Izquierdo M. (1997). *Reflexiones en torno a un modelos de ciencia escolar*, Investigación en la escuela, 32, pp. 51-62.
- Sanmartí N. (2000). "El diseño de unidades didácticas". En *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, Perales F. y Cañal P. (coordinadores) Ediciones Marfil, España, p.239-266.

- Sardá, A., Márquez, C. (2008). *El uso de maquetas en el proceso de enseñanza-aprendizaje del sistema nervioso*, Rev. Alambique, p.58, pp. 67-76.
- Soler, S. F. (2007). *Coefficientes de confiabilidad de instrumentos escritos en el marco de la teoría clásica de los tests*, Escuela Nacional de Salud Pública, La Habana, Cuba.
- Talanquer, V. (2009), *Química: ¿Quién eres, a donde vas y como te alcanzamos?*, Rev. Educación Química. Facultad de Química, UNAM. Vol.20. N. extraordinario, Junio de 2009, pp.220-226.
- Sosa, P., Hernández M. G., Nieto, E. y Padilla, K. (2008). "De las propiedades de las sustancias a las interacciones químicas". En *Hacia un cambio conceptual del enlace químico. Propuesta constructivista para mejorar el aprendizaje en bachillerato y licenciatura*. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 59- 90.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. and. Mamiala, T.L. (2007). *La comprensión de los estudiantes sobre el papel de los modelos científicos en el aprendizaje de las ciencias*, Rev. Eureka. Enseñanza y divulgación de la ciencia 4(2), pp. 364-366.
- Van Driel, Jan H. y Nico Verloop (1999). *Teacher's knowledge o f models and modeling in science*, International Journal of Science Education, 21, (11), pp.1141-1153.
- Wojikowiak. B. (1987). *Historia de la Química*, Acribia, Zaragoza España, pp. 132 – 135.

Web:

- <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/index.php>
- <http://www.modelos y modelajecientifico.com/01-HEMEROTECA/index.html>