

Modelos y modelaje en la enseñanza de las ciencias naturales

José Antonio Chamizo y Alejandra García Franco
(coordinadores)

José Antonio Chamizo y Alejandra García Franco (coordinadores)

MODELOS Y MODELADO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES



Modelos y modelaje
en ciencias naturales

Modelos y modelaje
en la
enseñanza
de las
ciencias naturales

Diseño y formación

Laura Elena Mier Hughes

Edición

Federico Martínez Delamain

Primera edición 2010

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.

FACULTAD DE QUÍMICA

ISBN 978-607-02-1409-7

Impreso y hecho en México

Modelos y modelaje **en la** **enseñanza** **de las** **ciencias naturales**

José Antonio Chamizo Guerrero
Alejandra García Franco
(coordinadores)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Presentación

Este libro es uno de los resultados del proyecto de investigación 49281 de SEP-CONACYT sobre la enseñanza de modelos y modelaje en ciencias naturales. Los objetivos del proyecto son:

- Diseñar estrategias integradas en unidades didácticas alrededor de contenidos específicos de los nuevos programas de educación secundaria, particularmente de química, por parte de un grupo de docentes empleando modelos y modelaje.
- Implementar algunas de estas unidades didácticas en condiciones “normales” de aula.
- Analizar los diseños y las experiencias de implementación para identificar las prácticas más exitosas, así como los errores y las dificultades más frecuentes.

Para la consecución de dichos objetivos se integró un equipo de seis profesores en activo provenientes de muy diversas instituciones escolares de la Ciudad de México, y se trabajó y discutió con ellos en sesiones mensuales a lo largo de un poco más de un año sobre modelos y modelaje. Los resultados obtenidos por los profesores mediante sus experiencias en el diseño e implemen-

tación de las unidades didácticas que se muestran en este libro, fueron presentados por ellos en un congreso nacional sobre enseñanza de las ciencias.

El presente texto, que para su generalizada lectura sólo presenta una breve bibliografía en español al final del mismo, integra las experiencias de los docentes y sus recomendaciones para otros profesores e incorpora además dos capítulos iniciales que precisan y ejemplifican lo que aquí entendemos por modelos y modelaje. Las versiones finales de las unidades didácticas diseñadas, probadas y corregidas por los docentes, se incorporaron en el último capítulo para facilitar su descarga por aquellos profesores que quieran aplicarlas en sus respectivos grupos.

Durante este periodo participaron, además de los editores del presente texto, la Dra. Rosaria Justi, el Dr. Mario Casanueva, la maestra Teresa Esteban y el joven estudiante Jorge Zamora a quienes agradecemos su colaboración, así como al comité editorial de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México por su revisión y aprobación.

JACH

AGF

México D.F. 2010

Índice

ANTECEDENTES

Capítulo 1	Los modelos en la enseñanza de las ciencias	13
	José Antonio Chamizo Guerrero	
Capítulo 2	Actividades construidas por el grupo de profesores	19
	Alejandra García Franco	
Capítulo 3	Modelos y modelaje sobre el enlace químico	33
	Rosa María Catalá Rodes y Mariana Muñoz Galván	
Capítulo 4	Modelos y modelaje sobre sobre mol	51
	María Candelaria López Rosales y Alicia Rodríguez Hernández	
Capítulo 5	Modelos y modelaje sobre corrosión	63
	María Georgina Díaz Vázquez y Rafael Rangel Rangel	
Capítulo 6	Unidades didácticas para utilizar con los alumnos	71
	<ul style="list-style-type: none">• Introducción• Disoluciones• Enlace químico• Mol• Corrosión	
Capítulo 7	Comentarios finales	121
	Bibliografía comentada	
	Los autores	

Antecedentes

En los últimos años se ha dado una intensa discusión entre los científicos y los filósofos, historiadores y sociólogos de la ciencia a través de la cual ha quedado claro que no hay un único “método científico” capaz de indicarnos cómo alcanzar el conocimiento. Como resultado de dicha discusión ha surgido la convicción de que la ciencia es una actividad que considera fundamentalmente la transformación representacional y material del mundo. Aclaremos el asunto.

- 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.

Así la ciencia, esa actividad añeja y poderosa que prefiere las preguntas a las respuestas, la actividad a la inacción, la discusión

entre pares que la imposición por extraños, que no acata más autoridad que la que ella misma se impone, esa que ha cambiado y seguirá cambiando el mundo es la que nos toca enseñar o mejor dicho la que buscamos que nuestros alumnos aprendan. Y eso lo hacemos siguiendo un currículo determinado. El currículo determina los temas, el orden, la profundidad y muchas veces la forma de evaluar aquellos conocimientos que son considerados fundamentales por una determinada comunidad académica.

Una característica importante del currículo de ciencias tradicional es la rígida relación existente entre las temáticas, las posturas filosóficas inherentes a las ciencias y la pedagogía. Lo anterior se puede comparar con las ideas de Tomas Kuhn (que más que ningún otro filósofo ha insistido en la importancia de la educación en la aceptación de determinado concepto científico) acerca de cómo se realizan las revoluciones científicas, en las que se logra un cambio de paradigma por otro. Con esta idea desde hace más de una década diversos investigadores educativos en todo el mundo han identificado la estructura pedagógica de la posición dominante del currículo de química en la enseñanza básica y en el bachillerato. Así la conclusión de diversos estudios sobre este tema es:

La educación química normal está aislada del sentido común, de la vida cotidiana, de la sociedad, de la historia y filosofía de la ciencia, de la tecnología, de la física escolar y de la investigación química actual.

Dura y pesimista como es, refleja semejanzas con los resultados obtenidos de diversas investigaciones educativas; en particular aquellas que indagan sobre las ideas previas de los estudiantes

de química, donde se ha reconocido que los estudiantes tienen grandes dificultades con el abstracto e inobservable mundo de la química y más específicamente con la manera en que los profesores se mueven entre las representaciones microscópicas y simbólicas de sustancias y procesos.

Las reformas actuales de la educación en ciencias en el nivel de secundaria requieren de cambios importantes en la manera en la que se enseña. La preparación de los maestros y maestras de ciencias debería ser consecuente con estos cambios y proponer nuevas maneras de enfrentar y resolver la formación de profesores. Como se indica en la *Tabla 1*, el enfoque del nuevo programa de estudios para educación secundaria en México le da un lugar preponderante al uso de modelos en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y, sin embargo, las prácticas más comunes de enseñanza rara vez incluyen actividades de modelaje y de reflexión sobre el proceso de construcción científica como una continua producción y revisión de modelos.

La profesora brasileña Rosaria Justi, quien ha trabajado en el tema de modelos y modelaje desde hace tiempo, considera que el conocimiento de los profesores acerca de los modelos y el modelaje tiene una importancia fundamental para que éstos puedan diseñar y conducir situaciones de enseñanza que faciliten a los estudiantes el aprendizaje de las ciencias y, por tanto, debe ser considerado de forma explícita en los procesos de formación y actualización de profesores. Muchas de las experiencias de formación en nuestro país (y en muchos otros en el mundo) no

involucran a los maestros en situaciones de aprendizaje en las que se consideren su conocimiento y su experiencia, sino que durante estos procesos los maestros adquieren información sobre formas nuevas de enseñar ciencias, pero no se comprometen con ellas ni sienten que su trabajo pueda mejorar al aplicarlas.

Así, una enseñanza de la ciencia a partir de modelos, como lo propone la Secretaría de Educación Pública, debe ir acompañada por una formación de recursos humanos acorde con los nuevos tiempos y que no recoja únicamente las discusiones sobre su importancia sino también experiencias de los docentes en su construcción e implementación en las aulas. Para ello es fundamental contar con profesores dispuestos a reflexionar sobre su práctica docente, a cuestionar aquellas cosas que se dan por sentadas y a vincular la teoría con la práctica a través de experiencias que pudieran llevar a cabo en el aula.

En este proyecto se incorporaron seis profesores provenientes de instituciones educativas diversas. Escuelas secundarias generales públicas, privadas, bilingües, telesecundarias, de trabajadores y una del recién creado bachillerato del Distrito Federal. Con todos ellos se realizaron reuniones de trabajo mensuales a lo largo de un año y un seminario inicial de dos días de duración con la Dra. Justi. Durante este proceso los profesores reflexionaron sobre su propio conocimiento respecto a la naturaleza de la ciencia y los modelos, y conocieron aproximaciones de enseñanza basadas en los modelos y el modelaje. Todo ello permitió la construcción, implementación y reconstrucción de las secuencias que se

Tabla 1. Propósitos de los nuevos programas de educación secundaria de la Secretaría de Educación Pública con respecto al tema de modelos

Que los alumnos:

Comprendan el papel de los modelos en las explicaciones de los fenómenos físicos, así como sus ventajas y limitaciones.

Reconozcan las dificultades que se encontraron en el desarrollo histórico del modelo cinético.

Empiecen a construir explicaciones utilizando un modelo atómico simple, reconociendo sus limitaciones y la existencia de otros más completos.

Construyan modelos de compuestos con base en la representación de Lewis.

Identifiquen la diferencia entre el modelo del enlace químico por transferencia de electrones del modelo del par electrónico y del octeto.

Elaboren generalizaciones y modelos.

presentan en este libro. Las sesiones en las que se implementaron estas secuencias fueron filmadas con el fin de compartir el trabajo con otros profesores; una versión editada de ellas se encuentra disponible en la página <http://www.modelosymodelajecientifico.com>. Versiones reconstruidas de las secuencias didácticas se encuentran tanto en este libro como en esa página para que todos los profesores puedan tener acceso a ellas y utilizarlas en sus propias aulas.

Como ya se dijo, la enseñanza de la ciencia en general y de la química en particular (como aparece en la posición dominante) se centra en transmitir la mayor cantidad posible de conocimientos científicos (desde luego teóricos usando para ello únicamente el libro de texto) porque, ¡hay que cubrir los programas! ¿Para qué? ¿Quién sabe? Poco se ha hecho y discutido sobre otros objetivos como por ejemplo la enseñanza experimental, las habilidades y/o competencias a desarrollar, las actitudes a construir, las diferentes formas de evaluar.

La existencia de una fuerte tradición alrededor del currículo (en su posición dominante, la cual es avalada por los diferentes exámenes a los que son sometidos los alumnos) plantea la enorme dificultad de su cambio. Cambio que, desde luego, es posible.

De lo anterior nos enfrentamos a las tres preguntas fundamentales que dirigen la vida profesional de los docentes:

- ¿Para qué enseñar?
- ¿Qué enseñar?
- ¿Cómo enseñar?

La estructura de este libro

Se pretende contribuir con algunas ideas para los docentes, que les ayuden a orientar sus respuestas a las preguntas antes mencionadas. Este libro intenta ser un reflejo del proceso de formación docente que se llevó a cabo durante este proyecto, por ello los capítulos que lo forman son diversos. En el capítulo 1 se presenta un ensayo en el que se describe cuál es la posición sobre los modelos que subyace a todas las actividades realizadas en el proceso de formación y a las secuencias de enseñanza que se presentan en este libro. La reflexión sobre los modelos y el modelaje tanto en la

ciencia como en la escuela se vuelve indispensable si se pretende transformar la enseñanza. En el capítulo 2 se hace un breve recuento del seminario sobre modelos en el que participaron todos los miembros del grupo y a partir del cual se gestó la elaboración de secuencias de enseñanza que los profesores probaron en el aula y que les permitieron tener experiencia (tanto a ellos como a sus alumnos) sobre los modelos y el modelaje. En los capítulos 3, 4 y 5 se presentan los relatos de las maestras y maestros sobre la experiencia vivida en el proceso de formación, así como durante la planeación e implementación de la secuencia de enseñanza. En cada uno de estos capítulos se presenta una versión de la secuencia propuesta con comentarios para el profesor. Dado que los tres capítulos cuentan las experiencias de los profesores, éstos son diversos y se puede encontrar en ellos distintos elementos que permiten apoyar la construcción de secuencias basadas en los modelos y el modelaje. Estos capítulos consideran, en general, los mismos puntos centrales: la importancia del seminario sobre modelos y modelaje; la posibilidad de generar e implementar secuencias colectivas, así como una narración de la implementación de la secuencia. El lector o lectora encontrará que cada capítulo hace énfasis en aquellos aspectos que fueron más relevantes para los profesores participantes. Por otro lado, en la versión del profesor de cada una de las secuencias, se hacen algunas consideraciones particulares respecto a los aspectos de modelaje y conceptuales que se persiguen con las distintas actividades propuestas; todo esto con la idea de proporcionar elementos de reflexión a los lectores y lectoras, quienes pueden apreciar la complejidad implícita en la construcción de estas secuencias y, a partir de ello, modificar algunos puntos de la secuencia, sin alterar necesariamente sus objetivos.

El capítulo 6 contiene versiones corregidas de las secuencias de enseñanza de los capítulos anteriores, para que las profesoras y profesores interesados puedan utilizarlos dentro de sus salones de clase. El capítulo 7 recoge las consideraciones finales de los participantes de este proyecto y apunta algunos elementos que vale la pena resaltar de este proceso de formación. Finalmente la bibliografía comentada le presenta al docente los textos recientes en español que pueden ser consultados para ampliar y completar los asuntos aquí tratados; esperamos que sea de utilidad.

Los modelos en la enseñanza de las ciencias

José Antonio Chamizo Guerrero

En este capítulo se discute qué es lo que entendemos por modelos y modelaje en este libro y por qué se considera que este es un enfoque adecuado y necesario en la enseñanza de la química (y de las ciencias en general) en diferentes niveles educativos.

Antecedentes

Nos encontramos en un momento en el que muchas de las estrechas recetas sobre la actividad científica provenientes del positivismo lógico, asumidas y operadas por los investigadores y trasladadas a las aulas por los profesores, fracasan en todo el mundo. Por ello en muchos lugares se vuelve a reconsiderar la reestructuración completa de la química a través de sus modelos. El presente texto, como su nombre lo indica, va de una presentación de los modelos a su uso en la enseñanza de las ciencias.

Modelos

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 (ya sea una persona, o un grupo, generalmente este último) 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 a **M**, parciales. *Un objetivo específico* establece su finalidad, general pero no necesariamente, la de explicar, y sobre todo predecir. Hay que recordar que la explicación es una de las más significativas características de las ciencias, pero que en determinados casos aun sin poder del todo explicar, una buena parte de su prestigio radica en predecir.

Hay que precisar más aun 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 con su contexto pueden ser a su vez didácticos o científicos, dependiendo de la comunidad que los justifique y del 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 de una célula

o un mapa) 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 las partículas tienen un volumen propio, siendo un modelo más sencillo $PV = nRT$ en donde se considera que las partículas no tienen volumen).

Clasificación de los modelos de acuerdo con 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 pueden derivar en hipótesis (y/o predicciones) del mismo y someterlas a prueba. Los resultados de esta prueba aportan 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” o concepciones alternativas, y en ocasiones pueden ser equivalentes. Son inestables ya que son generados en el momento y descartados cuando ya no son necesarios, cognitivamente serían modelos de trabajo desechables.

Los modelos materiales (que también pueden ser identificados como prototipos) son a los que tenemos acceso empírico y han sido construidos para comunicarnos con otros individuos. Los modelos materiales son los modelos mentales expresados a través de un lenguaje específico (como 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 1.1) 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. La toxicidad de cualquier producto es lo que se conoce como dosis letal media (LD_{50} por sus siglas en inglés). La LD_{50} indica la masa de una sustancia que, una semana después de que la ingirieron un determinado número de ratas aisladas, mata a la mitad de las mismas. Cuando se realiza un experimento dándoles a las ratas esa determinada sustancia sobre ellas se modela la toxicidad.

Los modelos matemáticos son, generalmente, aquellas ecuaciones construidas para describir precisamente la porción del mundo que se está modelando. Los modelos matemáticos constituyen las leyes que son la manera más común, que no la única, de explicar en la tradición científica. La ecuación $PV = nRT$ es un ejemplo de un modelo matemático que nos permite explicar el comportamiento de los gases “ideales”. Aquí hay que recordar la opinión del gran químico L. Pauling sobre lo que son las leyes que empleamos tan frecuentemente en las aulas sin pensar suficiente lo que son en realidad:

Una ley es una descripción sucinta del 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 válida. Estas leyes básicas de la naturaleza, dependiendo del resultado de un nuevo experimento, podrán no ser válidas 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.



Figura 1.1. Ejemplos de modelos materiales, aquí bidimensionales. Maqueta tridimensional, mapa bidimensional, rata experimental.

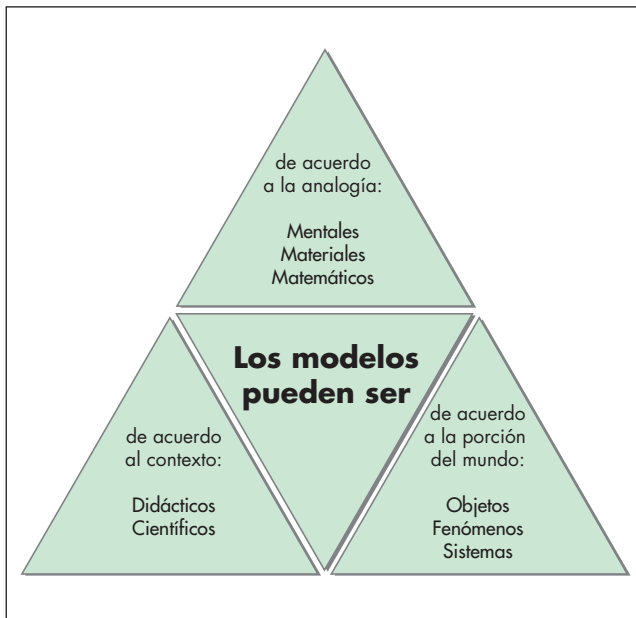


Figura 1.2. Tipos de modelos.

Clasificación de los modelos de acuerdo con el 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 se presente como 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. Uno de los ejemplos más famosos de lo anterior proviene de la astronomía. Cuando en 1687 el físico y alquimista inglés I. Newton publicó su libro *Principia* lo que hizo fue describir el mundo físico a partir de modelos que no hacían necesariamente referencia explícita a objetos del mundo real. Unos años

más tarde, en 1695, E. Halley un astrónomo y amigo de Newton aplicó dichos modelos para explicar el movimiento de los cometas. Así pudo predecir que a finales del entonces lejano 1758 regresaría un cometa que se había observado en 1530-31, 1607-08 y 1682. El asunto no era tan sencillo una vez que junto con estas observaciones “confiables” de cometas había al menos otras 24 en otras tantas fechas. Halley publicó su trabajo en 1705, el cual fue recibido con entusiasmo en Inglaterra y, como era de esperarse, con escepticismo en Francia. Pasaron los años, Halley murió 15 años antes de 1758, pero para ese entonces la evidencia experimental sobre los modelos de Newton era tan amplia que en 1756 la misma Academia de Ciencias de Francia ofreció un premio a la predicción más exacta del retorno del cometa, el cual apareció, ya bautizado como cometa Halley, antes de la navidad del esperado 1758.

Regresando a los artículos aparecidos en las revistas científicas, cuya publicación es la garantía de validez (también provisional) de ese conocimiento, hoy sabemos que la palabra “modelo” está entre las diez más frecuentes en los títulos de artículos de física, química, biología y medicina. Los científicos construyen modelos sobre una determinada porción del mundo y son dichos modelos, con sus ventajas y desventajas, lo que reportan a sus colegas. Contrario 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, encaja con la evidencia disponible y por lo tanto cuál representa la explicación más convincente para determinado fenómeno en el mundo (ver Figura 1.4).

Los modelos didácticos

La ciencia escolar es la que corresponde a los conocimientos contruidos 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. Como estas últimas condiciones son extremadamente diversas también lo es la transposición didáctica. A pesar de ello es indispensable que el conocimiento no deje de ser riguroso y abstracto. Resumiendo, la transposición didáctica es la transformación del conocimiento científico en un conocimiento posible de ser enseñado en un aula específica a unos alumnos particulares.

Ejemplos de modelos didácticos son, además de los dibujos que hacen tanto alumnos como docentes, muchas de las

ilustraciones que se muestran en los libros de texto y que generalmente aparecen como verdades incuestionables, sin identificar sus limitaciones y en muchos casos descontextualizadas históricamente.

Lo anterior obliga a repensar el sentido de la ciencia que estamos enseñando y en qué medida es realmente ciencia escolar. Como bien lo ha indicado el investigador educativo D. Hodson:

Hay un extenso reconocimiento entre los educadores de la ciencia que ésta es un producto de su lugar y de su tiempo estrechamente relacionada con instituciones locales y profundamente influenciada por sus métodos de construcción y validación. Muchos estudiantes no aprenden lo que nosotros quisiéramos: su conocimiento sobre la ciencia y la capacidad de usar tal conocimiento efectivamente están lejos de lo que ambicionamos; su entendimiento sobre la naturaleza y los métodos de la ciencia son generalmente incoherentes, distorsionados y confusos [...] Ahora, por primera vez en la historia, estamos educando alumnos para vivir en un mundo acerca del cual sabemos muy poco, excepto que estará caracterizado por un vertiginoso cambio y que será más complejo e incierto que el mundo de hoy [...] ¿qué tipo de educación en ciencias es apropiada para preparar a nuestros estudiantes para ese desconocido mundo del futuro?

Así respecto al contexto, que hay que reconsiderar de acuerdo con la cita anterior, hay dos formas diferentes en las cuales los

modelos son interpretados una vez que están dirigidos y/o construidos por dos grupos diferentes: los aprendices y los expertos (Tabla 1.1). De acuerdo con la misma Tabla hay que hacer notar que los aprendices adquieren, construyen y aplican modelos de manera inconsciente. Una manera importante de entender en qué consiste la práctica científica pasa por tener conciencia de que se está trabajando con modelos.

Clasificación de los modelos (m) de acuerdo con 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 (como 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 sí y funcionan juntas integralmente, como algunos mapas del metro o el sistema solar) influyen tantas y tan diversas variables, que para intentar entenderlo (el Mundo) lo relacionamos con sus respectivos modelos (**m**). Como se indicará más adelante a manera de ejemplo hay varios modelos **m** diferentes (m_1 , m_2 , m_3 , etc) para representar una porción del mundo **M** que llamamos átomo (Figura 1.3).

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
Los modelos más actualizados son siempre los más correctos y los que mejor explican el objeto, fenómeno o sistema	Los modelos ya reemplazados pueden seguir utilizándose si los propósitos de su uso son satisfechos por dicho modelo, que incluso puede resultar más simple

Tabla 1.1. Diferencias en 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.

Modelaje

La construcción de un modelo es un compromiso entre las analogías y las diferencias que tiene con la porción del mundo que se está modelando. Así, cuando el modelo no encaja con los datos empíricos 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 que se repite varias ocasiones 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 éste 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 éstos 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. Hay que hacer notar que los modelos son útiles para alguien en particular. Así un modelo sencillo, como el modelo atómico de Lewis (que considera la existencia del núcleo y de los electrones pero asume que estos últimos están fijos en los vértices de un cubo), es muy conveniente para discutir mucha de la química de los compuestos orgánicos, en lugar del mucho más complejo modelo cuántico atómico.

La actividad científica consiste, fundamentalmente, en construir y validar 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 1.4, en donde el resultado obtenido de enlazar los tres cuadros a través de las tres funciones es conocimiento, ya sea este escolar o científico.

Así, a partir de las preguntas, se deriva la construcción de un primer modelo: un modelo mental. La flecha que une a ambos cuadros de los modelos tiene dos puntas porque por un lado

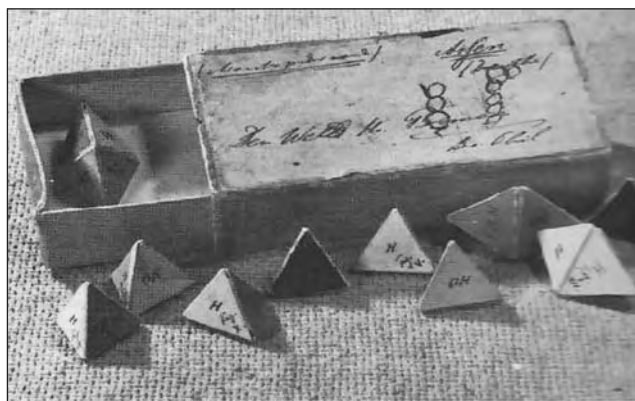


Figura 1.3. Modelo bidimensional de modelos tridimensionales de átomos de carbono tetraédrico construidos por van't Hoff en 1884. Con ellos se puede explicar la estereoisomería y predecir qué compuestos de carbono la presentarán, asunto que, por ejemplo, el modelo posterior de Bohr es incapaz de hacer.

asume que las preguntas dependen de la estructura mental del individuo que las realiza, y por el otro defiende la postura empirista de acuerdo con la cual la representación depende en su totalidad de los datos obtenidos a partir de la percepción del mundo. Lo anterior recordando que los modelos se construyen contextualizando una determinada porción del mundo con un objetivo específico. No hay reglas ni métodos para aprender a construir modelos, 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 con el objetivo establecido).

El segundo paso en el modelaje consiste en expresar el modelo mental construyendo un modelo material y/o matemático. La expresión que resulta es, comparada con la riqueza y diversidad del modelo mental, necesariamente limitada. La persona(s) que está modelando considera los aspectos más relevantes del modelo mental, recolecta datos, corrige, recomienza, afina y finalmente arriba a una versión final del modelo material. Aquí se promueve una primera discusión entre los diversos constructores del modelo. Es un proceso de ida y vuelta que se construye generalmente contestando las pregunta: ¿qué pasaría si...? o, ¿cómo explicar esto?, de allí que la flecha que une a ambos cuadros también sea bidireccional.

Finalmente el modelo material (o prototipo) debe ser sometido a la prueba más importante que es la del experimento real, siempre y cuando éste sea posible. El contraste y encaje entre el

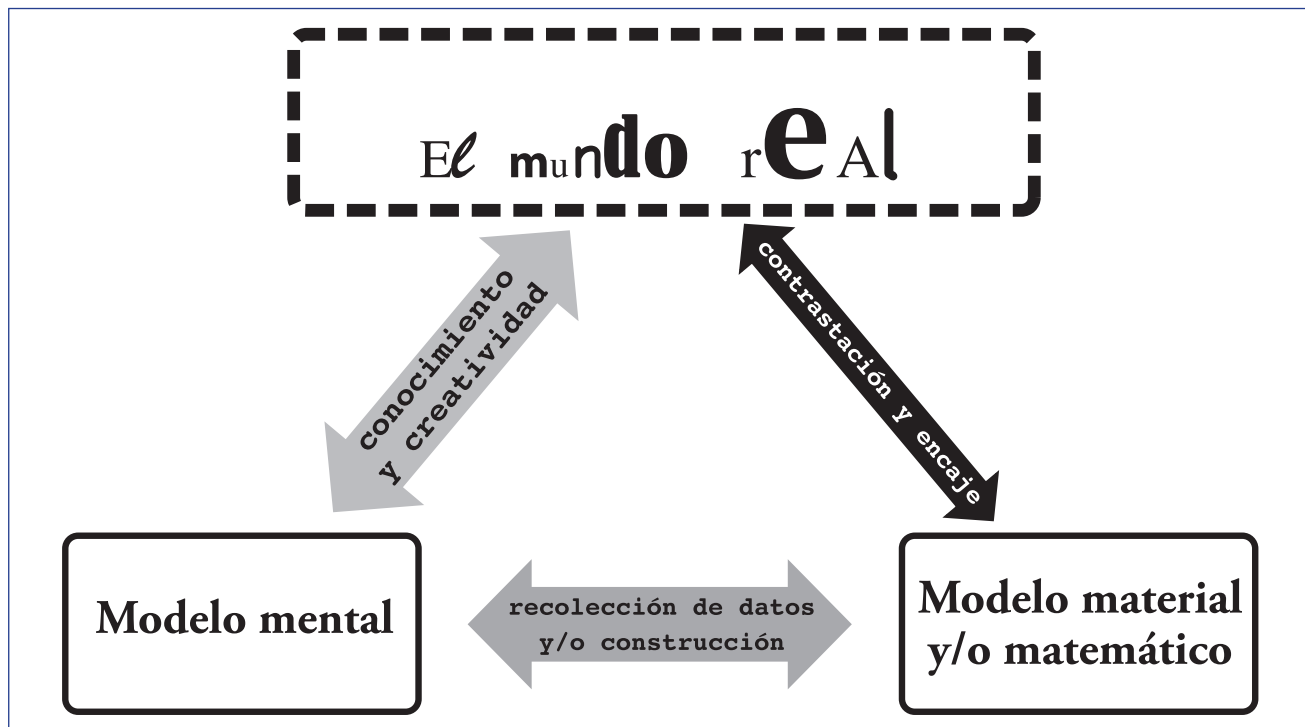


Figura 1.4. Modelaje, es decir la construcción de modelos y con la cual se genera conocimiento.

modelo material y el mundo real implica la observación del modelo material y la conducta del objeto, fenómeno o sistema de referencia. Es una observación pública indicada con una flecha también bidireccional, una vez que, resultado de la misma observación, se pueden realizar adecuaciones al modelo material para que encaje de la mejor manera con el mundo real. En el encaje se prioriza la calidad de la explicación y de las predicciones hechas por el modelo. Aquí, dependiendo de la postura filosófica de la persona o la comunidad que construyó el modelo, se puede ser más o menos estricto haciendo notar que un modelo material le puede quedar bien a cierta realidad concreta, tal y como un traje le puede quedar bien a una persona y mal a otra.

De esta manera si el modelo encaja satisfactoriamente con la porción del mundo (M) que se identificó previamente (objeto, fenómeno o sistema) de acuerdo con el objetivo establecido, una importante y última pregunta que deben hacerse los constructores del modelo (m) es si el modelo puede extenderse a otras porciones del mundo. Lo anterior sin olvidar que se puede tener al final más de un modelo (m_1, m_2, m_3, \dots etc.) de diferente complejidad para la porción del mundo modelada (M).

En el entorno de la ciencia escolar se pueden construir los tres tipos de modelos: mentales, materiales y matemáticos. 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, 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.

Lo anterior queda explícito de manera muy clara indicando que para la enseñanza y el aprendizaje efectivo de las ciencias se debe de realizar en el salón de clases lo que hacen los científicos, que en el caso de la química es modelar la estructura de la materia posible.

Actividades sobre los modelos y el modelaje

Alejandra García Franco

En este capítulo se hace una breve reseña del proceso de formación de los profesores participantes en este proyecto y se discuten algunas actividades construidas durante este proceso que fueron implementadas antes de las secuencias de modelaje que aparecen en los siguientes capítulos. Se presentan algunos ejemplos de respuestas de los estudiantes (cuyas edades van de los 14 a los 16 años) así como comentarios que podrían servir de guía para aquellos profesores que decidan probar las secuencias propuestas u otras similares.

El seminario y las primeras actividades

En la introducción ya se menciona que como parte del proyecto se llevó a cabo un seminario en el que los profesores e investigadores tuvieron oportunidad de discutir sobre las características de los modelos y su relevancia en la enseñanza de la química, así como de construir modelos y analizar de qué forma podrían llevarse a cabo estas actividades en las aulas. Durante este seminario hubo oportunidades para interactuar y colaborar en el diseño y prueba de actividades y en la reflexión sobre las implicaciones del uso de modelos en las actividades de enseñanza – aprendizaje.

Los profesores construyeron, por ejemplo, un modelo para explicar cómo funciona un pegamento especial para celulosa y madera (esta actividad se presenta más adelante) y otro para explicar cuál es el mecanismo mediante el cual funciona una máquina que expende refrescos. Mediante estas actividades se hizo énfasis en la necesidad de discutir acerca de los modelos y el modelaje de forma explícita con los alumnos (y con los profesores).

Los profesores tuvieron oportunidad de analizar y discutir secuencias de enseñanza basadas en los modelos y el modelaje para los temas de enlace iónico y fuerzas intermoleculares, que ya han sido implementadas con alumnos de niveles escolares similares. Durante estas actividades se presentaron oportunidades para que los profesores discutieran sobre la disciplina y sobre algunos aspectos de las secuencias, tales como la selección de materiales y la importancia de que los alumnos tengan diferentes oportunidades para presentar sus modelos, probarlos y revisarlos. Así mismo, se presentaron algunos videos que contenían fragmentos de clases en las que los estudiantes presentaban sus modelos y los

discutían, lo cual permitió reconocer diferentes formas en las que se puede guiar una discusión y cómo interactúan los alumnos cuando los diferentes grupos están presentando sus modelos. Las situaciones reales, presentadas a través de los videos, permitieron a los profesores establecer una relación entre los grupos presentados y sus propios grupos, lo cual favorece que surjan preguntas relacionadas con las preocupaciones cotidianas de los profesores, por ejemplo el tiempo de diseño y aplicación de las secuencias, la formación de equipos y el uso del material, entre otros. Discutir con una investigadora (R. Justi) que ya ha llevado a cabo este trabajo con profesores en ambientes diversos, permitió que los profesores del grupo adquirieran confianza en cuanto a la factibilidad de esta propuesta.

Como parte de las discusiones de este seminario se obtuvieron algunas conclusiones respecto al uso de los modelos y el modelaje en la clase de ciencias, mismas que se mencionan a continuación:

- El modelaje es una competencia que se va desarrollando a lo largo de todo el proceso educativo, por lo que tanto el profesor como los estudiantes deben adquirir experiencia.
- El profesor o profesora son fundamentales en la construcción y aplicación de secuencias de enseñanza basadas en los modelos y el modelaje porque son ellos quienes construyen la secuencia, considerando tanto el desarrollo conceptual como el de las habilidades. Ello requiere de una sólida formación disciplinar, así como conocer cuáles pueden ser las ideas previas o concepciones alternativas de los estudiantes.
- Es recomendable que sea un grupo de profesores el que desarrolle de forma cooperativa las secuencias de modelaje porque

esto permite la discusión colectiva y la retroalimentación, necesarias para mejorar la práctica docente.

- El uso de secuencias de enseñanza basadas en modelos y modelaje permite clarificar la labor del profesor, ya que es una forma de llevar a cabo el enfoque del actual programa de estudios, lo que permite que éste vaya más allá del discurso y encuentre formas de ser en el aula.
- El aprendizaje basado en modelos facilita que los estudiantes aprendan a cuestionar el mundo, con lo que se promueve su curiosidad y creatividad al reconocer la ciencia como una forma de pensar y de construir conocimiento.
- Una preocupación común en los grupos de profesores es que el uso de este tipo de secuencias no permitirá a los estudiantes responder los exámenes de admisión al bachillerato o a la universidad (que frecuentemente solicitan una actividad memorística). Sin embargo, dado que en este caso los alumnos modelan un fenómeno y construyen conocimientos respecto a éste, que después son comparados con los modelos aceptados por la ciencia, no deberían tener problemas para resolver un examen de opción múltiple.
- La función de la actividad experimental en las secuencias de enseñanza basadas en modelos 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. La experimentación puede ser propuesta por el profesor o por los alumnos, pero siempre debe tener sentido dentro del proceso de modelaje.
- Es fundamental el trabajo de los estudiantes en grupos pequeños (no mayores de 5 o 6 alumnos) y, en este caso, la función de la profesora o profesor es ayudar a los alumnos a pensar, más que resolver preguntas o dudas.
- 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 presentado sino también el proceso de construcción del modelo. Esto pone a los estudiantes en el centro de la actividad de aprendizaje.
- Finalmente los modelos construidos por los estudiantes se deben contrastar y comparar con el modelo escolar, dándole un mayor sentido (al haber participado en un proceso de construcción similar) y reconociendo sus diferencias con los modelos construidos por la comunidad científica. Más aún, como en diversas secuencias los diferentes grupos de alumnos defienden su modelo frente a los demás alumnos, se facilitan

las actividades de discusión grupal y de identificación de evidencias para decidir cuál modelo es el más adecuado.

Como resultado de este seminario, los profesores del grupo decidieron desarrollar las actividades que se presentan en este capítulo y probarlas en sus clases, con el fin de generar experiencia en el uso de modelos y modelaje en el aula. Esta experiencia fue importante para todos los profesores porque les permitió ganar confianza y centrar su atención en los alumnos. Al *experimentar* con las respuestas reales de los estudiantes, los profesores se dieron la oportunidad de hacer las cosas de una forma diferente a la acostumbrada, a sabiendas de que hay otros que están haciendo lo mismo y que podrán compartirlo en sesiones posteriores.

A continuación se presentan dos actividades que tratan directamente el tema de modelos y modelaje (*poderquepega* y *caja negra*), sin referencia a ningún tema de la química y otra en la que los estudiantes desarrollan un modelo para las disoluciones. Se incluyen algunas respuestas de los alumnos y una reflexión al respecto. En el capítulo 6 puede encontrarse una versión corregida de estas actividades.

Actividades para introducir los modelos y el modelaje

El objetivo de estas actividades es introducir a los estudiantes en el uso de modelos y en el proceso de modelaje, y discutir de forma explícita sus características. Siempre es importante que antes de llevar a cabo una secuencia de enseñanza basada en modelos y modelaje para un tema químico particular se lleven a cabo actividades como las que se presentan a continuación para que los alumnos reconozcan los modelos, la posibilidad que ellos mismos tienen de construirlos (aunque no sepan nada sobre el tema) y que relacionen este proceso de construcción con el que se desarrollará más adelante cuando se proponga el trabajo sobre un tema particular. Las profesoras que desarrollaron la secuencia que se presenta en el capítulo 3 para la enseñanza del enlace químico discuten acerca de la importancia de haber llevado a cabo estas actividades en el aula.

Poderquepega

En esta actividad (desarrollada originalmente por la Dra. Rosaría Justo y que fue realizada por los profesores en el seminario de introducción a los modelos y el modelaje) se pide a los estudiantes que de manera individual traten de explicar, a nivel de partículas, cómo funciona un pegamento novedoso que tiene un gran

poder para pegar papel y madera, y que después llenen una tabla para explicar los pasos que siguieron y la finalidad de cada uno de esos pasos.

La mayoría de los profesores comentó que esta era la primera vez que los estudiantes se enfrentaban a una tarea similar y que si bien la parte de hacer el modelo pareció ser atractiva para ellos, la sección en la que se les pedía que reflexionaran sobre el proceso de construcción del modelo fue mucho más difícil para algunos e incluso hubo estudiantes que no lo contestaron. Es interesante notar que aun cuando la instrucción hace explícito que el modelo debe ser a nivel microscópico (lo cual, desde el punto de vista de los profesores de química, debería implicar átomos y moléculas), los estudiantes hacen interpretaciones diversas. 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 cómo funciona el *Poderquepega*.

En este caso, puede verse cómo cada uno de los estudiantes busca generar una explicación coherente sobre la forma en la que el pegamento funciona. Para ello utilizan diferentes representaciones (piezas de rompecabezas, partículas con carga, partículas con ‘brazos’ que se estiran) y su conocimiento previo (hablan de calentamiento, de reacciones químicas, de atracción electrostática, de interacción con el oxígeno, de la forma en la que funciona un imán). En la discusión de esta actividad, los profesores pueden hacer énfasis en la diversidad de modelos generados y analizar con los estudiantes cuáles aspectos de su modelo no permiten explicar el fenómeno. En esta tarea, como en todas las que implican construcción de modelos, no se trata de evaluar un modelo como correcto o incorrecto, sino más bien en

Considera la siguiente situación: Se ha diseñado un nuevo pegamento para papel y madera más fuerte que los pegamentos normales y que además seca inmediatamente. Los químicos que lo han inventado (y que le dieron el nombre de "*Poderquepega*") no saben aún cómo funciona, de allí que se requiere saber, ¿por qué pega este nuevo pegamento?

1) Como el "*Poderquepega*" es un nuevo pegamento no hay información en libros, ni en revistas, ni Internet de por qué lo hace. Piensa en el asunto, dibuja y explica con un modelo a nivel microscópico (empleando partículas) cómo funciona el "*Poderquepega*".

Modelo 1

Modelo 2

Modelo 3

Modelo 4

Figura 2.1. Distintos modelos utilizados por los alumnos para explicar cómo funciona el "*Poderquepega*".

función de su capacidad de explicar el fenómeno al que se refieren, y de compararlo con la evidencia empírica. En este caso, es importante que los estudiantes reflexionen sobre las posibilidades de sus modelos para explicar las características del pegamento: “pega muy bien en celulosa y madera” y “seca rápidamente”, y que comparen con los modelos elaborados por sus compañeros en estos términos.

Promover que los estudiantes piensen en el proceso de construcción que siguieron para llegar al modelo propuesto favorece el desarrollo de habilidades metacognitivas, mediante las cuales piensan acerca de lo que saben y cómo lo saben. Este desarrollo es importante en la formación de estudiantes más autorregulados y autónomos, por lo que las secuencias de enseñanza basadas en los modelos y el modelaje deben considerarlo de forma explícita. Hay que tener en cuenta que este desarrollo requiere de experiencia, por lo que es de esperarse que si es la primera vez que los

estudiantes responden a preguntas como las que se presentan en el siguiente ejercicio, sus respuestas sean breves o no permitan conocer del todo cuál es el proceso que siguieron para formular el modelo propuesto. A continuación se presentan las instrucciones del segundo ejercicio de la actividad “*Poderquepega*” y ejemplos de las respuestas de los estudiantes (las explicaciones se relacionan con el número de modelo asignado en la Figura 2.1. Se han transcrito las respuestas de los estudiantes modificando la ortografía y la redacción para mejorar la lectura).

Comentarios de los profesores sobre la actividad “*Poderquepega*”

Los profesores y profesoras encontraron que la participación de los alumnos en esta actividad fue buena. Un comentario común es que algunos alumnos y alumnas se mostraban dudosos

Elaborar un modelo no es tarea fácil y, como en muchas otras situaciones de la vida, a veces es más importante el proceso (serie de pasos) que el resultado (tu modelo). Por eso, independientemente de cuál haya sido el modelo que dibujaste, indica en la siguiente tabla los pasos que seguiste para hacerlo. Pensando en el proceso, ¿en cuántos pasos lo puedes explicar?

Modelo 1		
Paso	¿Qué hiciste en este paso?	¿Qué finalidad tiene este paso
1	El pegamento en estado líquido y dentro de un recipiente permanece inactivo	Mantener el pegamento en estado inactivo
2	Al verter dicho pegamento sobre una superficie las partículas actúan	Activar las partículas del pegamento
3	Las partículas se combinan con oxígeno y se animan	El oxígeno es parte esencial para el pegamento
4	Las partículas se adhieren unas con otras y el objeto (papel) está pegado	El oxígeno activa las moléculas y éstas se unen.
Modelo 2		
1	Poner agua	El agua es la base de este pegamento
2	Agregar químicos de pegamento	Que el agua antes agregada se mezcle con pegamento seco
3	Agregar alcohol, calentarse y dejar reposar	Que se macere y se caliente para que todo se junte bien. Finalmente, dejar reposar
Modelo 3		
1	Acomodar las cargas	Que las partículas se atraigan

Fig. 2.2 Los pasos que los estudiantes identifican se requieren para el modelaje del *Poderquepega*

respecto a lo que tenían que representar y sobre la evaluación que se haría en caso de que el modelo no fuera correcto, lo cual puede hablar de lo “extrañas” que son estas actividades en las clases “normales” de química; actividades en las que hay que proponer una solución a un problema utilizando la imaginación y el conocimiento, sin contar de antemano con un parámetro que permita saber si la solución encontrada es la “correcta”.

Las profesoras y el profesor encontraron que para los alumnos fue difícil escribir los pasos que habían seguido para construir su modelo y muchos de ellos (como puede verse en la Figura 2.2) escribieron sus ideas respecto al proceso de fabricación o diseño del pegamento, mientras que algunos no escribieron nada. Los profesores lo atribuyen a la falta de claridad en las instrucciones, o bien a la dificultad de los estudiantes para verbalizar sus ideas. Es importante reconocer hasta qué punto el problema de los estudiantes se relaciona con la falta de claridad en las explicaciones y hasta qué punto es un problema que proviene de la falta de experiencia de los estudiantes con este tipo de tareas para poder así diseñar las preguntas más adecuadas y no hacer suposiciones erróneas sobre las posibilidades de los estudiantes.

La Caja Negra

Otra de las actividades relacionadas con la introducción a los modelos y el modelaje fue la construcción de una “caja negra”, que es una caja cerrada que contiene objetos diversos que deben ser adivinados por los estudiantes, trabajando en equipo. La idea que subyace esta actividad es que la caja negra es un “modelo analógico” de la realidad, a la que nos podemos aproximar de diferentes maneras para intentar explicarla o describir su contenido. Los estudiantes hicieron pruebas diferentes como oler y mover la caja para escuchar el sonido que hacían las cosas y tener diferentes pistas referentes a los materiales que contenía.

En la discusión de esta actividad es importante hacer énfasis en que nosotros podemos construir ciertas interpretaciones o modelos de los fenómenos a partir de lo que percibimos (sonidos, olores) y también de lo que sabemos (qué tipo de cosas hacen esos sonidos o tienen esos olores), pero que éstos no necesariamente coinciden con la realidad (lo que hay dentro de la caja). En este sentido, es necesario pensar que en el caso de la ciencia no es posible “abrir la caja” para constatar que nuestros modelos “coincidan” exactamente con la realidad, y que más bien éstos se pueden evaluar en función de qué tan adecuados son para predecir, explicar o describir ciertos aspectos de un fenómeno en un contexto específico. Se pretende que los estudiantes relacionen la construcción de modelos con su propuesta de qué es lo que hay dentro de *La Caja Negra*, y que identifiquen que en la actividad científica hay incertidumbre, hay una construcción colectiva

(entre los miembros del equipo), hay la posibilidad de enfrentar los modelos construidos a la evidencia.

En la Figura 2.3 se presenta un ejemplo de respuestas de un grupo de alumnos y en el capítulo 6 se presenta una versión para que el profesor pueda utilizarla en sus clases.

Comentarios de los profesores sobre la actividad de La Caja Negra

De acuerdo con los profesores esta actividad logró capturar la atención de los estudiantes, aunque en muchas ocasiones trataban de “hacer trampa” intentando mirar dentro de la caja, por lo que se recomienda que las cajas estén bien selladas. Otros comentarios de los profesores dejan ver que faltó una reflexión más profunda por parte de los estudiantes respecto a esta actividad, porque al abrir la caja muchos de ellos se limitaban a enlistar los objetos que ellos habían pensado y los objetos que de hecho se encontraban en la caja y no hacían reflexión alguna al respecto, por lo que se ha propuesto una modificación para la versión final.

Actividades para modelar disoluciones

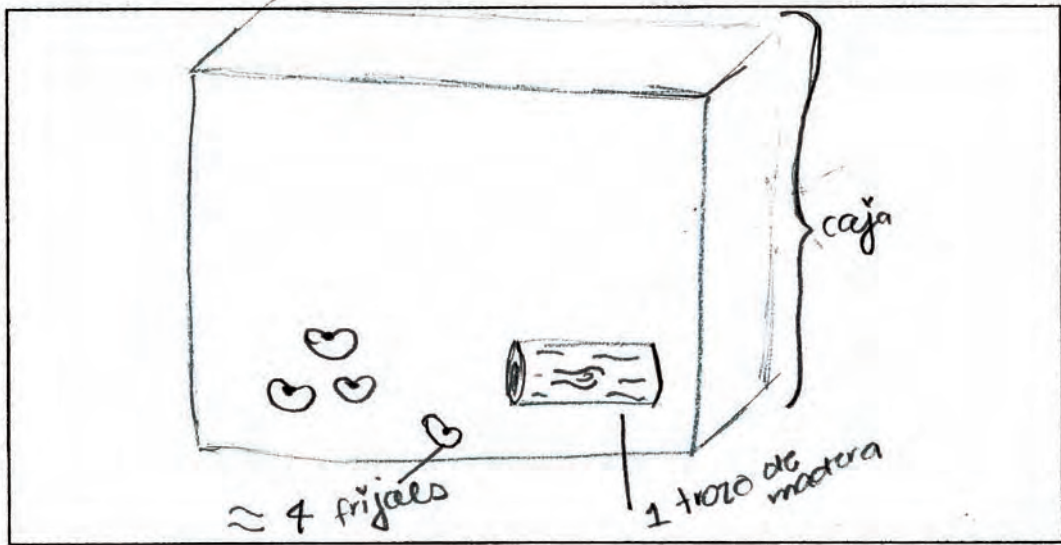
Además de las actividades anteriores, relacionadas explícitamente con los modelos y el modelaje, los profesores decidieron construir y probar actividades en las que los estudiantes tuvieran que modelar un fenómeno común y sobre el cual hay mucha información en la literatura respecto a las concepciones alternativas o ideas previas de los estudiantes: las disoluciones. Esto permitiría una construcción colectiva de una actividad de modelaje y un ejercicio de evaluación.

La primera actividad tiene como objetivo hacer que los estudiantes expliciten sus concepciones respecto a la conservación de la masa en una disolución de azúcar y agua, un tema sobre el que se sabe que los alumnos suelen presentar ideas previas o concepciones alternativas. Después se pide a los estudiantes que modelen dos fenómenos que se llevan a cabo de manera demostrativa: una disolución de azúcar en agua y una disolución de sulfato de cobre en agua. Esto permitió a los profesores reconocer una variedad de ideas respecto al tema de disolución, que ya había sido estudiado por todos los alumnos, y también analizar los productos de sus estudiantes en términos de la diversidad de modelos generados. A continuación se muestran algunos ejemplos de los modelos de los estudiantes para la disolución de azúcar en agua y sulfato de cobre en agua.

Como puede verse los estudiantes presentan modelos diferentes para el mismo fenómeno: en la Figura 2.4 los estudiantes representan partículas de sulfato de cobre unidas a partículas de agua, distribuidas en un medio continuo, que pudiera

CONOCIENDO LAS IDEAS SOBRE MODELOS Y MODELAJE 2
(20 minutos)

1) Representen, dibujando, lo que hay en la caja.



2) Expliquen los motivos por los que dibujaron lo anterior.

Al mover la caja escuchamos que contenía objetos que se movían dentro de ella. Se oían 2 diferentes tipos de objetos: unos pequeños y uno grande, por lo que inferimos que eran ≈ 4 frijoles y 1 trozo de madera.

3) Describan detalladamente lo que hay en la caja.

Dentro de la caja hay 1 esfera blanca de unicel chico chica. También había 1 crayola negra y 10 frijoles pintos. Total de objetos: 12

4) Comparen su dibujo (modelo) con lo que hay en la caja (realidad).

Modelo	Realidad
Solo 2 tipos de objetos	3 tipos de objetos
4 Frijoles	10 Frijoles
1 trozo de madera	1 crayola y 1 bola de unicel.
total de objetos 5	total de objetos 12

Figura 2.3. Una hoja de respuestas para la actividad La Caja Negra.

pensarse que es el agua (la cual es una concepción alternativa ampliamente documentada). Por otro lado, en la Figura 2.5, los estudiantes no hacen uso de ningún modelo de partículas para representar el fenómeno, y más bien dibujan aquello que fue posible observar (los cristales de sal y los cristales de sulfato de cobre disolviéndose en el agua). En la Figura. 2.6 los estudiantes presentan un modelo de partículas mucho más cercano al modelo científico para las disoluciones, en el que identifican moléculas de agua y azúcar uniformemente distribuidas y haciendo notar (mediante el uso de una lupa), que éstas no se encuentran en un medio continuo, sino que ellas mismas son las que forman la disolución.

Una vez que los alumnos producen sus modelos (prototipos), éstos son discutidos por todos los estudiantes y el profesor o la profesora conducen la discusión cuestionando los modelos y favoreciendo que el resto de los estudiantes haga preguntas al equipo que presenta el modelo. La profesora o el profesor conocen el

tipo de cuestiones que los alumnos han discutido durante el trabajo en grupo, así que pueden decidir aquellos aspectos más relevantes para la discusión, tanto respecto a los modelos como sobre la comprensión de las disoluciones. Es muy probable que en esta discusión los estudiantes transformen sus modelos y construyan otro que les parezca más adecuado para explicar el fenómeno de las disoluciones, por ello es importante que se den las oportunidades para que los estudiantes revisen sus modelos y puedan aplicarlos para probar su utilidad, como se discutía en el capítulo 1.

Evaluación sobre disoluciones

Una de las preocupaciones centrales de los profesores que adoptan este tipo de enfoques es la manera en la que se puede evaluar a los estudiantes de forma que exista coherencia entre el uso de modelos para la enseñanza y la evaluación. Por ello, el grupo de

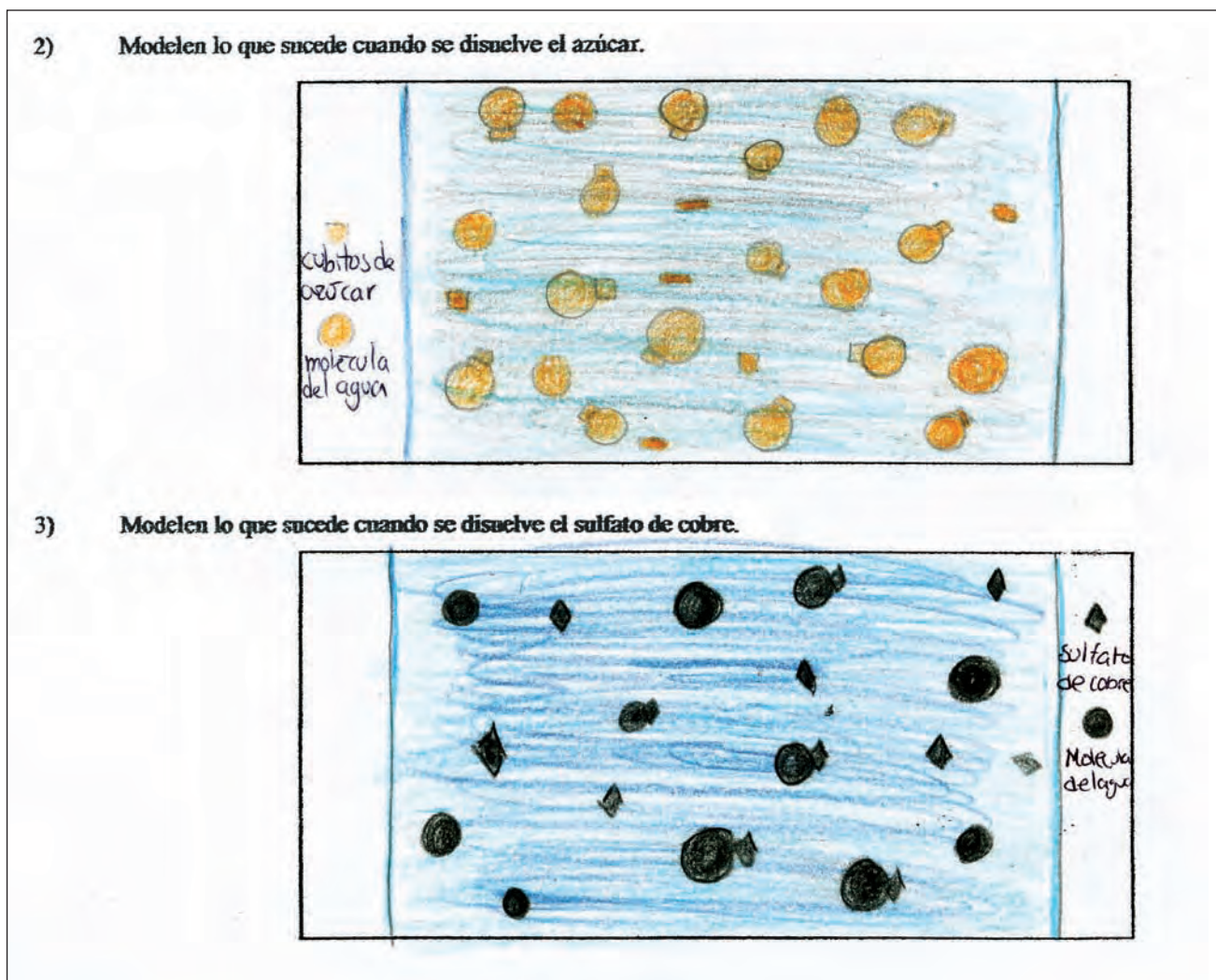


Figura 2.4. Respuestas de los estudiantes a la actividad de disoluciones.

profesores diseñó una evaluación individual para el tema de disoluciones, en la que se consideraran algunos conocimientos relacionados con este tema, así como las habilidades de los estudiantes para generar modelos.

En el primer ejercicio de la evaluación los estudiantes utilizaron representaciones dadas para relacionarlas con los diferentes momentos de formación de una disolución sólido – líquido. Esta pregunta fue contestada de forma correcta por la mayoría de los estudiantes, un ejemplo se muestra en la Figura 2.7.

Posteriormente, a partir de algunas demostraciones, los estudiantes debían identificar en qué casos se formaban disoluciones y elaborar un dibujo para éstas. En la figura 2.8 es posible notar que aunque los estudiantes de los ejemplos presentados reconocen los casos en los que se presenta una disolución, no todos representan las disoluciones de la misma forma.

También se pide a los estudiantes que, a partir de los modelos anteriores, definan con sus palabras qué es un modelo y que creen un “modelo general” para cualquier disolución con el fin de identificar si es posible generalizar el conocimiento construido. En este caso también se presenta una diversidad en la definición de modelo, como puede verse a continuación:

- Un modelo es: *es una mezcla con 2 o más sustancias, por ejemplo, H_2O .*
- Un modelo es: *una representación ya sea molecular, de partículas o del exterior de alguna sustancia. Para explicar y conocer las partes de esa sustancia mejor.*
- Un modelo es: *una representación gráfica en la que se emplean formas tamaños y color para representar los componentes de una sustancia, mezcla, elemento, objeto, etc.*

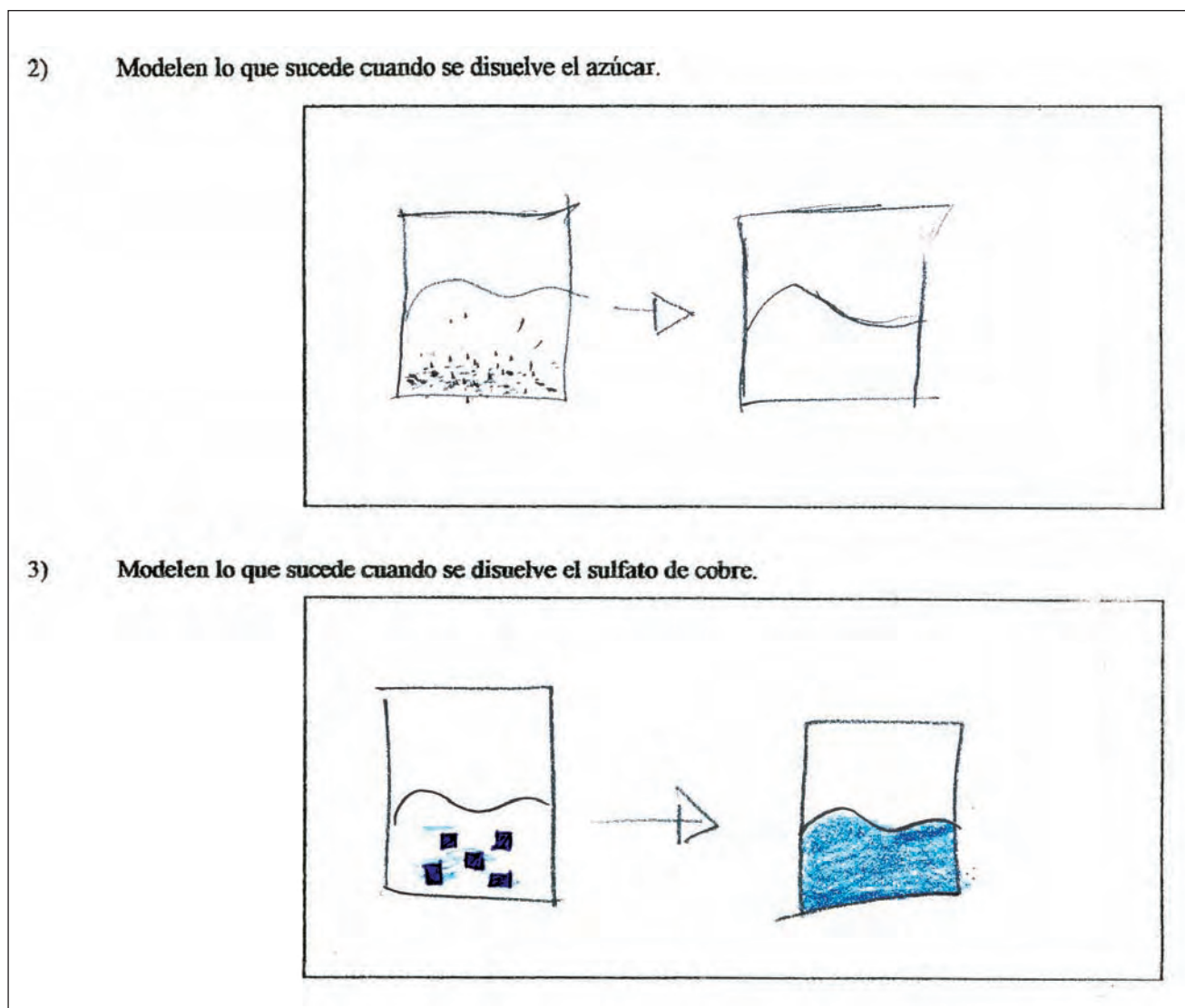


Figura 2.5. Respuestas de los estudiantes a la actividad de disoluciones.

2) Modelen lo que sucede cuando se disuelve el azúcar.



3) Modelen lo que sucede cuando se disuelve el sulfato de cobre.

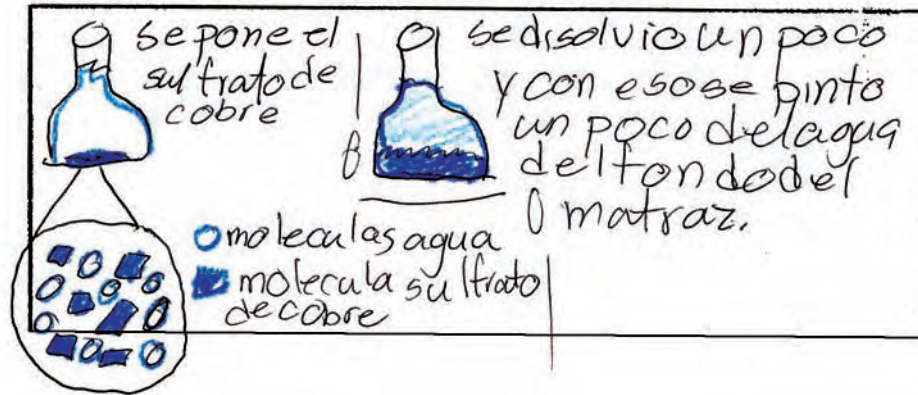


Figura 2.6. Respuestas de los estudiantes a la actividad de disoluciones.

CONOCIENDO LAS IDEAS SOBRE MODELOS Y MODELADO 4

Indica en la figura inferior cuáles de los diagramas que aparecen a la derecha representan las partículas presentes cuando se disuelve azúcar en agua (NOTA. No se indican todas las partículas).

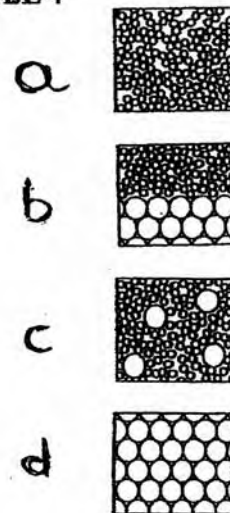
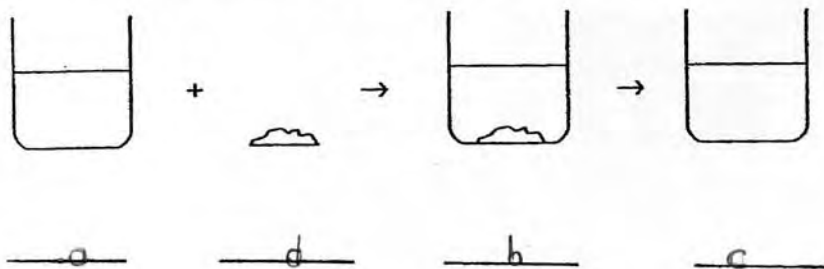


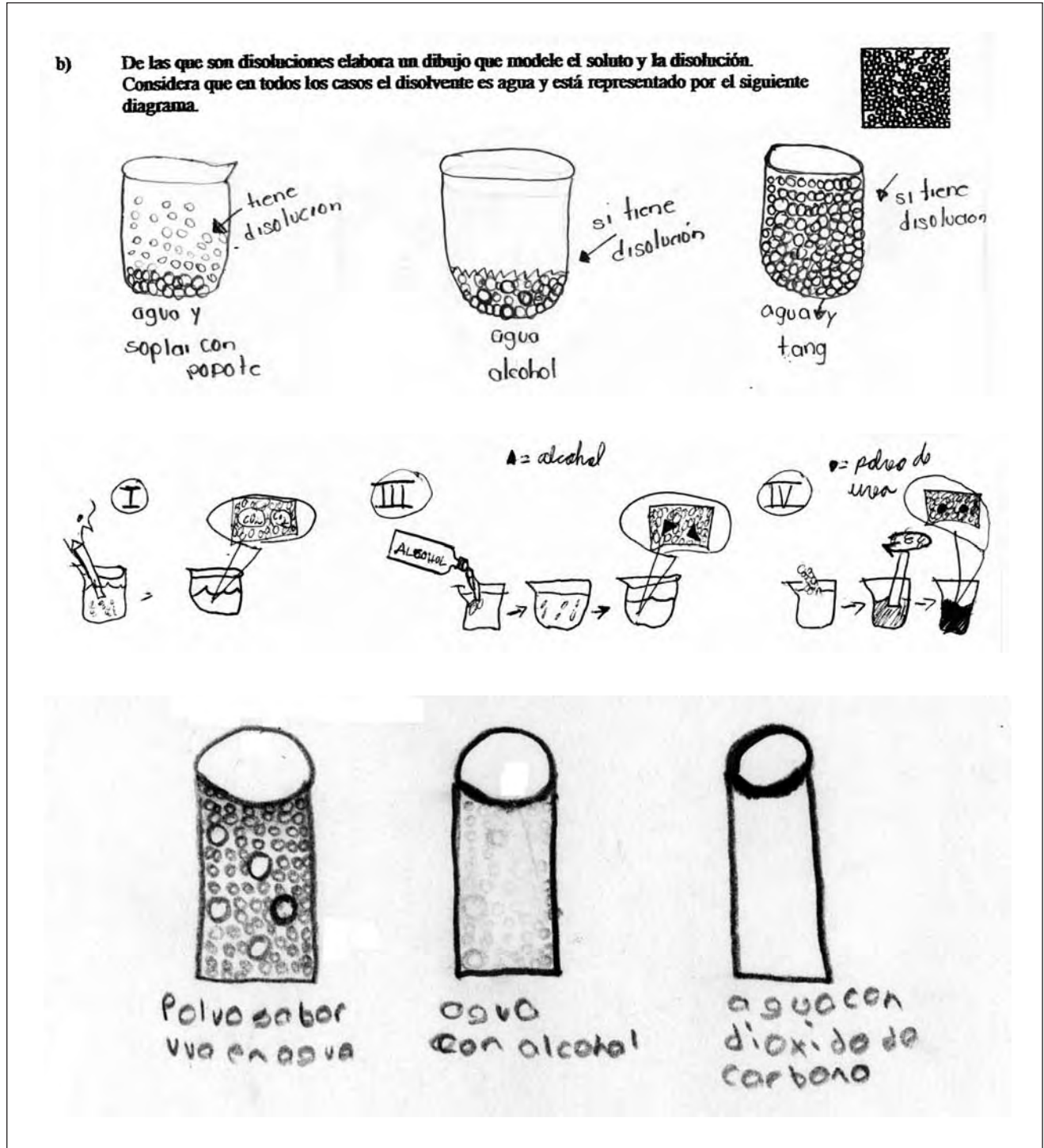
Figura 2.7. Respuesta de un estudiante que identifica modelos de partículas con diferentes etapas de la disolución.

- Un modelo es: *ver qué tantas sustancias o moléculas se constituyen en varios recipientes con sustancias.*

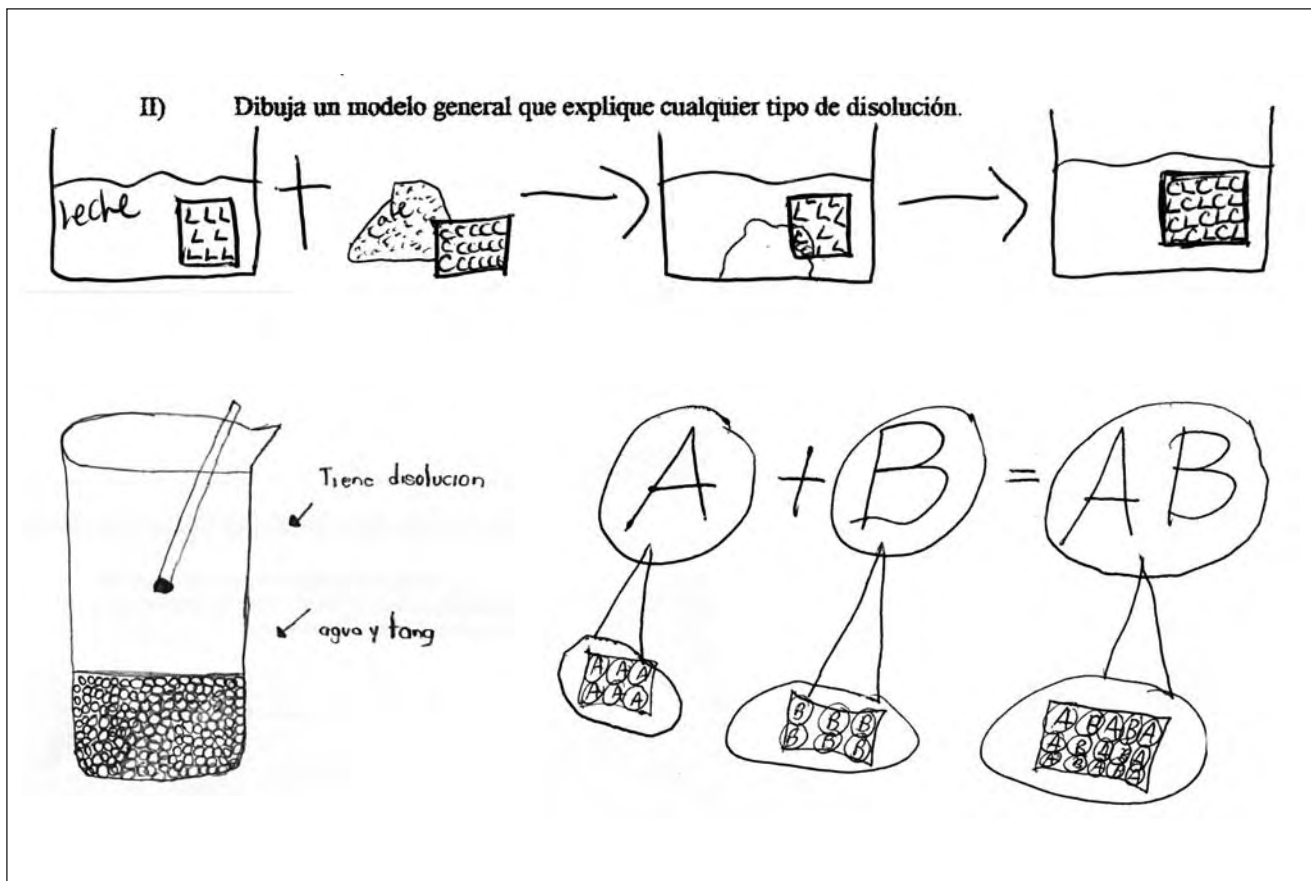
Es posible notar que no todos los estudiantes utilizan el modelo de partículas para representar las disoluciones, o bien no desarrollan un modelo general, sino que más bien siguen centrados

en ejemplos concretos, como los que les fueron presentados en las demostraciones. En la Figura 2.9 se muestran algunos ejemplos para que los lectores tengan algunas ideas del tipo de “modelos generales” que construyen los estudiantes.

Estos ejemplos permiten notar la complejidad presente en la enseñanza de temas comunes en el currículo y que en este caso



Figuras 2.8. Modelos materiales (prototipos) de los alumnos para explicar diversas disoluciones.



Figuras 2.9. Modelos de los estudiantes que explican cualquier tipo de disolución.

permitió a los profesores notar muchas más cosas de las que normalmente se hacen visibles en un examen “tradicional”. Poder compartir los resultados de esta evaluación con los compañeros del grupo de profesores, así como con los investigadores, permitió tener retroalimentación y pensar algunas formas en las que la enseñanza de este tema y su evaluación se modifican al utilizar los modelos y el modelaje.

Las actividades para disoluciones pueden encontrarse en el capítulo 6.

Comentarios de los profesores sobre la actividad de disoluciones

En sus comentarios, los profesores enfatizan la importancia de tener todo el material preparado cuando se van a hacer demostraciones.

Por otro lado, la mayoría de los profesores considera que las ideas de los estudiantes se modificaron para “acercarse” más a los modelos científicos porque muchas de sus representaciones en la evaluación se basan en los modelos de partículas, aunque una

profesora hace notar que esto puede deberse a las representaciones que se dan a los estudiantes al inicio de la actividad de evaluación. Otros comentarios se refieren a la dificultad de los estudiantes para seguir instrucciones, por lo que se recomienda hacer una lectura cuidadosa con ellas haciéndoles notar la importancia y sentido que ello puede tener.

En general, los profesores tienen la impresión de que el esfuerzo realizado se ve recompensado con el entusiasmo de los estudiantes y con el desarrollo que tuvieron a lo largo de las actividades, además de constatar que no hay un sacrificio del desarrollo conceptual y sí un enriquecimiento de las actividades en el aula.

Desarrollo de las secuencias didácticas

Una vez que los profesores compartieron los resultados de la aplicación de las secuencias sobre modelos y modelaje y las actividades sobre disoluciones se formaron tres equipos de trabajo que tenían como objetivo construir una Unidad Didáctica para algún tema específico. Estas Unidades fueron compartidas y revisadas

con el grupo completo y en sesiones con los investigadores, lo cual generó un intercambio que permitió enriquecerlas incorporando diferentes puntos de vista. La implementación de estas Unidades Didácticas fue filmada en cada una de las escuelas de los profesores con el fin de tener material para compartir con otros profesores que, en diversas comunidades, decidan utilizar estas Unidades Didácticas incorporando los modelos y el modelaje en la enseñanza de la química. Fragmentos significativos de estas filmaciones (así

como material adicional) pueden encontrarse en la dirección electrónica: <http://www.modelosymodelajecientifico.co>

Estas Unidades Didácticas, los procesos de construcción y las sugerencias para usarlas por otros docentes (incluidas las respuestas a las preguntas formuladas) son contados por cada una de las parejas de profesores en los tres capítulos siguientes, dando cuenta de la diversidad y riqueza de los procesos que se llevaron a cabo. La versión corregida se presenta en el capítulo 6.

Modelos y modelaje sobre el enlace químico

Rosa María Catalá Rodes y Mariana Muñoz Galván

En este capítulo se hace un recuento de la experiencia de las autoras al participar en el seminario sobre modelos y modelaje, así como al haber diseñado actividades con el grupo de profesores. También se describe la forma en la que se diseñó la Unidad Didáctica para la enseñanza del enlace químico y se presenta la versión utilizada con los alumnos con los comentarios que esta pareja de maestras consideraron pertinentes hacer del conocimiento de otros docentes (de ahí el subtítulo de “versión para el profesor”), con una reflexión sobre la implementación de la secuencia. La versión final puede encontrarse en el capítulo 6.

Seminario-taller sobre modelos y modelaje

Antes del seminario-taller impartido por la Dra. Rosaría Justi, a inicios de julio de 2007, hicimos una lectura previa de artículos de investigación educativa sobre el tema. Durante el seminario realizamos ejercicios de desarrollo de modelos y se nos presentaron algunas experiencias sobre el diseño y aplicación de secuencias didácticas basadas en el trabajo de modelos y modelaje en Brasil. Éstas raramente se exponen de forma detallada en los artículos sobre enseñanza de las ciencias naturales, por lo que representó una buena oportunidad para conocerlas de cerca.

Lo que más nos interesó de esta actividad fue la explicación del modelo o esquema propuesto por la Dra. Justi para el proceso de construcción de modelos escolares. Las actividades presentadas en los videos nos parecieron factibles de aplicar en nuestro contexto escolar, y pudimos ver cómo, además de las actividades experimentales, se manejaban también estrategias de resolución de problemas y un análisis colectivo de los resultados por parte de los alumnos, con lo que al final se

lograba la construcción de modelos escolares. Lo más interesante es que, una vez planteados, dichos modelos se socializan frente al grupo y se evalúan sus alcances y limitaciones a través de discusiones y la contrastación de los modelos construidos contra los científicamente aceptados.

Diseño de actividades colectivas

Posteriormente al taller, el grupo de trabajo en pleno consideró pertinente diseñar una serie de actividades de introducción al trabajo con modelos para ganar experiencia tanto por nuestra parte como por parte de los alumnos. Se decidió trabajar primero en una sesión sobre lo que es un modelo y su proceso de construcción, y posteriormente dedicar un par de sesiones al tema de disoluciones. Al iniciar fue necesario pensar en el alcance de las actividades, que iban desde mostrar y usar un modelo hasta lograr que los estudiantes modelaran tanto objetos como procesos.

Hubieron tres sesiones de trabajo colegiado; en la primera sesión acordamos el tema y se establecieron las tres fases para el desarrollo de esta parte del

proyecto: identificar las ideas previas sobre el tema presentes en la bibliografía, realizar el diseño de las actividades de modelaje y plantear una actividad de evaluación. En la primera sesión trabajamos sobre la actividad introductoria de modelos, en la cual se planteó desarrollar una actividad alrededor del concepto de *caja negra* y se planteó también un ejercicio para que los alumnos tuvieran que modelar cómo funciona un pegamento. Posteriormente se investigaron las ideas previas más importantes acerca del tema de disoluciones y se propusieron algunas ideas para las actividades de modelaje utilizando sustancias comunes (sulfato de cobre y sal) para formar las disoluciones y estudiar las propiedades de las mezclas formadas. La tercera sesión resultó muy importante porque se establecieron los criterios, secuencias y experimentos adecuados para cada objetivo. Se diseñaron todos los instrumentos de registro para las actividades y uno más de evaluación. Para ello retomamos algunas ideas propuestas por la Dra. Justi, otras las adaptamos de ejercicios ya existentes en la bibliografía y otras más las diseñamos de acuerdo con opiniones y experiencias que cada quien aportó. También acordamos

tomar fotografías o video para tener evidencias de la aplicación de las actividades. Finalmente se armaron los paquetes o “kits” de trabajo experimental y los materiales escritos para el registro.

A esta secuencia la llamamos “*Conociendo las ideas sobre modelos y modelaje*”, y fue probada, entre el 8 y el 12 de octubre de 2007, con distintos grupos de los seis profesores participantes en el proyecto. Posteriormente a su aplicación identificamos diversos aspectos interesantes; algunos tenían que ver con las habilidades desarrolladas y otros con el entusiasmo manifestado por los estudiantes al estar en contacto con la estrategia. Al realizar las actividades se pusieron de manifiesto los diferentes estilos y códigos de representación que utilizan los alumnos y alumnas de acuerdo con el contexto: la diversidad de formas, tamaños y colores; las diferencias en cuanto a las actitudes derivadas de cada cultura escolar y las diferencias estéticas de los modelos de dos dimensiones, así como la disposición que mostraron al trabajar en equipo. Más información sobre la construcción de estas actividades y el proceso de implementación puede encontrarse en el capítulo 2, y en el capítulo 6 se presentan las versiones finales de estas actividades.

Referente a la elaboración de los instrumentos empleados, al final se conjuntaron los aspectos susceptibles de ser mejorados, como por ejemplo disminuir el tiempo y el número de actividades propuestas para cada sesión; también se consideró la pertinencia de integrar actividades experimentales sencillas o experiencias de cátedra cortas para dar pie a las actividades de modelaje. Finalmente se incluyeron en la secuencia nuevas preguntas e instrucciones y se adecuó el lenguaje empleado al nivel de los alumnos; todo ello con la intención de facilitar la comprensión.

Con respecto a la experiencia como docentes sobre la instrumentación de la secuencia, consideramos que esta primera fase cumplió su objetivo al permitir

familiarizarnos con la enseñanza a través de la estrategia propuesta. Con estas primeras sesiones adquirimos una visión más real de cómo guiar e interactuar con los estudiantes y mayor seguridad en cuanto a nuestro papel en el aula.

Diseño de la Unidad Didáctica para el tema de enlace químico

Al inicio de esta nueva fase se realizó la elección del tema de cada sub-equipo conformado, que en nuestro caso se trató del tema de enlace químico. En el proceso de elaboración de la secuencia se consideró la experiencia relatada en el punto anterior y la reflexión sobre algunas de las actividades mostradas en el taller de la Dra. Justi, en donde uno de los videos observados era justamente sobre una estrategia para la enseñanza del enlace químico, basada en las propiedades de las sustancias. El enfoque de la actividad en el video nos parecía adecuado, e intentamos diseñar una secuencia que considerara las propiedades de las sustancias a través de actividades experimentales diferentes, con la intención de que el alumno lograra los aprendizajes esperados para el tema de enlace dentro del contexto del curso de Ciencias 3 (Bloques II y III) que incluyera al menos dos sesiones de modelaje. El nombre que establecimos para la Unidad Didáctica fue: “*CONOCIENDO LAS IDEAS SOBRE ENLACE QUÍMICO POR MEDIO DE MODELOS Y MODELAJE*”. Ésta se presenta en el final de este capítulo y una versión corregida para aplicarse con los alumnos puede encontrarse en el Capítulo 6.

Como premisa de partida se consideró que los estudiantes debían poder relacionar diferentes comportamientos químicos y físicos con modelos de enlace diferentes. En el diseño de las secuencias se utilizó también la técnica POE (predice,

observa y explica) así como un lenguaje cotidiano para introducir, paulatinamente, el lenguaje teórico y simbólico propio del uso y descripción de sustancias. En este proceso confluyeron, por lo tanto, habilidades procedimentales como la experimentación, la observación, la predicción y, finalmente, la representación por medio de modelos materiales.

Para cada actividad de la Unidad Didáctica se elaboró un plan de clase en sus versiones para el alumno y para el maestro. Cada una cuenta con un instrumento de registro de información con el fin de tener evidencias sobre los cambios que pudieran darse en las concepciones de los alumnos. La estrategia se probó en dos entornos distintos: en un grupo de tercero de secundaria de una escuela particular y en un grupo de Química 1 de estudiantes de primer año de bachillerato de una escuela oficial. Nuestra intervención docente se enfocó en lograr que los alumnos llegaran a explicaciones propias evitando en lo posible dirigir las respuestas hacia el modelo científico, algo que no siempre es fácil de conseguir, sobre todo cuando se tienen muchos años dando clase de forma más o menos tradicional.

La estrategia se aplicó en la semana del 3 al 7 de marzo de 2008. Las condiciones fueron un poco difíciles en ambas experiencias, ya que en esa semana en uno de los planteles en donde se trabajó se presentaron problemas de carácter laboral, y en la otra la actividad tuvo que llevarse a cabo con el grupo de otra maestra de tercero de secundaria. La posibilidad de paro en la primera y la incursión de una maestra nueva en el grupo, así como la novedad de ser filmados, generó cierta intranquilidad en los estudiantes por lo que hubo que ser muy persistente e insistir en la importancia de probar de las actividades. En ambas escuelas hubo buena asistencia a las cuatro sesiones, lo cual se puede interpretar como una buena acogida de estas estrategias por parte de los estudiantes.

Reflexiones y comentarios sobre la implementación de la Unidad Didáctica

En cuanto a la generación y aplicación de la estrategia, el proceso de desarrollar un plan de clase tomando el modelaje como principal estrategia resultó sumamente enriquecedor y novedoso para nosotras, independientemente del contexto escolar diferente en que lo aplicamos. Descubrimos las múltiples ventajas que tiene el que los alumnos intenten explicar el comportamiento de la materia con sus propios modelos y visiones, en lugar de repetir sin comprender las principales propiedades de los compuestos llamados iónicos y covalentes de manera convencional y memorística. Asimismo, la aplicación en clase demostró que a los alumnos les atrae el trabajo estructurado y ordenado que conlleva el proceso de predecir, observar y desarrollar el modelo como herramienta, así como explicar el comportamiento de las distintas sustancias con base en las evidencias experimentales.

Por medio de la revisión y evaluación de los dibujos y explicaciones, es decir, de los modelos de los estudiantes en los instrumentos generados se pudo observar que los equipos:

- Al describir el aspecto y las características de los cristales de cloruro de sodio y sacarosa, tienden a hacerlo de manera muy general, sin profundizar en la descripción de los mismos, por lo cual es necesaria la intervención oportuna para evitar la trivialización de los fenómenos observados.
- Construyeron modelos materiales en dos dimensiones (a nivel microscópico) de la disolución en agua de cloruro de sodio y de la disolución en agua de sacarosa, que consideraran sus propiedades (conductividad, por ejemplo) lo que permitía intervenir para reorientar sus ideas.

- Construyeron un modelo material en tres dimensiones (prototipos) con materiales diversos pero ninguno de los equipos pudo llegar a la estructura reticular del cloruro de sodio.
- Contestaron el cuestionario final partiendo más del contenido de la lectura y menos de sus evidencias experimentales o de los modelos que desarrollaron.
- Apreciaron la forma de trabajo activa en cuanto a la motivación que representa tratar de explicar fenómenos.
- Reconocieron el valor de pensar por sí mismos, aunque les resultó complicado no contar con la respuesta directa de las maestras cuando ya no sabían qué hacer.

Con base en la experiencia, podemos concluir que el desarrollo de la Unidad Didáctica y su aplicación favorecen que el docente seleccione actividades relevantes para que se tengan evidencias de los “objetos” a modelar, que lleve a cabo la investigación sobre ideas previas y experiencias realizadas por otros equipos de trabajo como punto de partida, que desarrolle una estrategia atractiva y motivante tanto en su diseño como aplicación, que implemente el diálogo a partir de las ideas de los alumnos y que tenga un mayor respeto a los procesos de aprendizaje de acuerdo con el grado y nivel de cada estudiante. En el caso de los alumnos, se despierta el interés y la curiosidad que provocan las situaciones inesperadas para ellos; se da sentido a las evidencias experimentales por medio de los modelos; se evita la “activitis” (es decir hacer actividades nada más por hacerlas) y el trabajo práctico “de receta”; se promueve la reflexión respecto a los fenómenos observados en las experiencias de cátedra realizadas y a otros que se dan en la vida cotidiana, y se promueve la búsqueda de las mejores representaciones posibles, mediante el uso de códigos de representación. Además, el intercambio de ideas y el registro de información

relevante favorece la conciencia de la manera cómo se está aprendiendo (metacognición). Finalmente concluimos que durante la exposición frente al resto del grupo, donde tienen que convencerse unos a otros de la validez de sus modelos, la comparación con modelos aceptados científicamente en cuanto a la capacidad explicatoria de cada uno y la formulación de preguntas críticas, son habilidades que valen por sí mismas.

A continuación, se presentan los comentarios de dos alumnas, con respecto a las actividades realizadas:

Lucía (16 años)

Las actividades que realizamos me parecieron muy divertidas y además muy interesantes, también nos ayudó mucho para fortalecer nuestro conocimiento, además experimentar nuevas cosas y conocer (...) aunque sí fueron un poco pesadas (...) Es muy importante conocer las cosas que no pensábamos que conocíamos (...) nuestro modelo, NaCl, fue un modelo muy bien representado (...) Me pareció muy bien conocer, más a fondo, el azúcar y la sal.

Alma (18 años)

Sí me gustaron las actividades, porque salimos de la rutina, sin salir de los temas del curso, además, de que nos sirvieron para recordar lo aprendido en secundaria y que en la mayoría de los casos, no recordamos muy bien (...) También nos sirvieron para experimentar en cuanto a la creación de modelos, en los que tal vez tuvimos errores pero con ayuda de los compañeros y la profesora, los corregimos o por lo menos cambiamos nuestra perspectiva (...) Algo que no me agradó, fue que nos grabaran, ya que si de por sí tenemos nervios al tratar de explicar una idea en clase, es aún más complicado con una cámara enfrente.

Propósito particular: 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.

Guiar a los estudiantes para que seleccionen los aspectos de la actividad experimental (conductividad eléctrica de diversos materiales) que se usarán para describir el “objeto” a modelar.

Aprendizajes esperados: Que los estudiantes describan algunas características de sustancias cristalinas.

Recomendaciones: Es necesario insistir a los estudiantes en que realicen observaciones detalladas de las sustancias para que noten que ambas son cristalinas y que no conducen la electricidad en estado sólido.

Propósito particular: Guiar a los estudiantes para que predigan y seleccionen los aspectos de la realidad y de la actividad experimental que se usarán para describir el “objeto” a modelar (prueba de conductividad eléctrica en disolución acuosa de cloruro de sodio y sacarosa). Elaborar un modelo mental.

Aprendizajes esperados: Que los estudiantes identifiquen la solubilidad en agua y la conducción de corriente eléctrica en disolución acuosa para ambas sustancias.

UNIDAD DIDÁCTICA VERSIÓN PROFESOR

MODELOS Y MODELAJE SOBRE EL ENLACE QUÍMICO

Secuencia 1

mmcn

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 realice su maestra (o)) y hagan los modelos que se les solicita. Cuentan con 50 minutos para terminar.

ACTIVIDAD 1

OBSERVEN:

- Coloquen un poco de cada sustancia cristalina por separado en las cajas de Petri o vidrios de reloj que les den sus profesores (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 minutos.

Sustancia	Aspecto general de los cristales	Otras características
Sal		
Azúcar		

¿En qué se parecen las dos? ¿En qué son diferentes? Observen los experimentos, sobre la conductividad de algunos materiales que realizará su maestra o maestro. (Entre ellos se prueba conductividad: a) primero sin nada, cerrando el circuito, b) con una barra de cobre, c) con agua destilada.) Tomen nota de los aspectos que consideren más relevantes. Tiempo de la actividad: 10 minutos.

ACTIVIDAD 2 Y 3

PREDIGAN:

- ¿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? Tiempo de la actividad: 5 minutos.

¿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:

- 3) Observen los experimentos sobre la conductividad de las disoluciones de cloruro de sodio y sacarosa que realizará su maestra o maestro. Tomen nota de los aspectos que consideren más relevantes. Tiempo de la actividad: 10 minutos.

¿Sucedió lo que esperaban? ¿Podrían contestar lo mismo que al inicio de la sesión sobre las diferencias y semejanzas entre sal y azúcar?

ACTIVIDAD 4

MODELEN:

- 4) Construyan un modelo material (en dos dimensiones) que explique por qué la disolución de sal conduce la corriente eléctrica y la de azúcar no. Tiempo de la actividad: 15 minutos.

Disolución de sal en agua	Disolución de azúcar en agua

ACTIVIDAD 5 Y 6

ANALICEN LO MODELADO: Tiempo de la actividad: 10 minutos.

- 5) Para construir el modelo, lo primero que tuvieron que hacer es: _____
Y después pensaron en: _____
Y al final decidieron representar lo que sucede por medio de: _____

ESCRIBAN

- 6) ¿Qué propósito tienen las actividades antes realizadas?

Recomendaciones: Es necesario insistir a los estudiantes en que realicen observaciones detalladas de las experiencias de cátedra presentadas.

Propósito particular: Guiar a los estudiantes para que construyan la representación más adecuada para el modelo a través de representaciones visuales (modelos en dos dimensiones), escritas y verbales de la conductividad eléctrica con respecto a una disolución acuosa de cloruro de sodio y sacarosa. Expresar el modelo mental usando algunas formas de representación.

Aprendizajes esperados: Que los estudiantes realicen modelos en dos dimensiones que expliquen la estructura macroscópica y el comportamiento de las sustancias basadas en el modelo corpuscular de la materia.

Que los estudiantes comparen las semejanzas y las diferencias entre las sustancias utilizadas (sal y azúcar).

Recomendaciones: Pedir a los estudiantes que en sus representaciones en dos dimensiones señalen con palabras el significado de cada uno de los objetos.

Propósito particular: Que los estudiantes expliquen el proceso de modelaje que siguieron para realizar su modelo.

MODELOS Y MODELAJE SOBRE EL ENLACE QUÍMICO

Secuencia 2

NOMBRES

INSTRUCCIONES: Lean con cuidado cada uno de los siguientes párrafos, anoten las respuestas en los espacios en blanco, observen los experimentos que realice su maestra (o) y hagan los modelos en dos dimensiones que se les solicita. Cuentan con 50 minutos para terminar.

ACTIVIDAD 1

EXPLIQUEN:

- 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 de azúcar (por separado) durante un día o hasta que se evapore la totalidad del agua.

¿Qué quedaría en el fondo de cada recipiente? ¿Se acomodan igual las partículas de cada sustancia cuando ya no hay agua? ¿Por qué? Construyan un modelo material que explique lo que sucede. Tiempo de la actividad: 5 minutos.

NOTA: Es necesario insistir a los estudiantes en que expliquen detalladamente lo que sucedería en cada uno de los recipientes después de que se evapore la totalidad del agua.

ACTIVIDAD 2

OBSERVEN:

- 2) Observen el experimento que realizará su maestra o maestro y anoten los resultados en la siguiente tabla. Tiempo de la actividad: 10 minutos.

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

Propósito particular: Guiar a los estudiantes para que seleccionen los aspectos de la realidad que se usarán para describir el “objeto” a modelar.

Guiar a los estudiantes para que elaboren un modelo mental inicial, a partir del razonamiento crítico, explicando lo que queda en el fondo de un recipiente, en donde las disoluciones de sal y azúcar se evaporaron.

Aprendizajes esperados: Que los estudiantes identifiquen sus ideas previas sobre el aspecto y características de los cristales en disolución después de un proceso de evaporación.

Recomendaciones: Deben retomarse los resultados experimentales y los modelos que se realizaron en la Actividad 1.

Propósito particular: Guiar a los estudiantes para que consideren la experiencia respecto al objeto a modelar a partir de observaciones (directas y cualitativas) de las experiencias de cátedra (prueba de conductividad eléctrica en estado sólido de cloruro de sodio y sacarosa).

Guiar a los estudiantes para que seleccionen los aspectos de la realidad que se usarán para describir el “objeto” o entidad que está siendo modelada (cristales de cloruro de sodio). Elaborar un modelo mental

Aprendizajes esperados: Que los estudiantes identifiquen las propiedades de las sustancias para ver cuál es la más adecuada para transferir la corriente eléctrica.

¿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?

ACTIVIDAD 3

MODELEN:

- 3) Con base en el modelo generado en la actividad 1 construyan otro modelo para el cloruro de sodio, empleando plastilina (dos colores), que explique los resultados del experimento anterior. ¿Cómo son los cristales de cloruro de sodio (a nivel microscópico) para que presenten esas propiedades?

En el siguiente recuadro dibujen el modelo (dos dimensiones) anteriormente realizado.

Tiempo de la actividad: 10 minutos.

Cloruro de sodio (NaCl)

ACTIVIDAD 4

ANALICEN LO REALIZADO:

Tiempo de la actividad: 5 minutos.

- 4) Para llegar a este modelo en dos dimensiones, ¿pensaron igual que en la secuencia 1? ¿Por qué? _____
¿Qué diferencias encuentran? _____

ACTIVIDAD 5 Y 6

OBSERVEN:

- 5) Observen el experimento (4) que realizará su maestra o maestro y anoten los resultados en la siguiente tabla. Tiempo de la actividad: 10 minutos.

Recomendaciones: Inicialmente se deben juntar los cables del circuito para que los estudiantes observen que se enciende la bombilla. Se debe utilizar azúcar “candy” o un cristal grande de sacarosa, sal de mar o un cristal grande de NaCl (que se deja crecer con un mes de anticipación).

Propósito particular: Guiar a los estudiantes para que elijan la representación más adecuada para el modelo a través de representaciones visuales (modelos en dos dimensiones), escritas y verbales de los cristales en contacto con la corriente eléctrica. Guiar a los estudiantes para que planteen en sus representaciones diferencias a nivel atómico molecular.

Aprendizajes esperados: Que los estudiantes identifiquen las diferencias en las propiedades de las sustancias estudiadas. Que los estudiantes representen en dos dimensiones el comportamiento del cloruro de sodio en estado sólido en contacto con la corriente eléctrica.

Recomendaciones: Pedir a los estudiantes que en sus representaciones en dos dimensiones señalen con palabras el significado de cada uno de los objetos.

Propósito particular: Que los estudiantes expliquen el proceso de modelaje que siguieron para realizar su modelo de NaCl en estado sólido.

Propósito particular: Guiar a los estudiantes para que consideren la experiencia respecto al objeto a modelar a partir de observaciones (directas y cualitativas) de la experiencias de cátedra (calentar los

cristales de cloruro de sodio y sacarosa con un mechero de alcohol).

Guiar a los estudiantes para que seleccionen los aspectos de la realidad que se usarán para describir el “objeto” o entidad que está siendo modelada (cristales de cloruro de sodio).

Aprendizajes esperados: Que los estudiantes identifiquen las propiedades de las sustancias a partir de su comportamiento al estar en contacto con calor.

Recomendaciones: Pedir a los estudiantes que observen los cambios en las sustancias al ponerlas en contacto con la flama: color, aspecto, desprendimiento de gases, etcétera. Utilizar mechero de alcohol, dos cucharillas de combustión, cristales de cloruro de sodio y sacarosa.

Recomendaciones Generales:

Se recomienda que las experiencias de cátedra se realicen en una mesa ubicada en el centro del salón o al frente sobre una silla, con la finalidad de que los estudiantes realicen sus observaciones de una forma más adecuada.

Si se cuenta con más tiempo se considera conveniente que los experimentos presentados en esta secuencia didáctica sean realizados por los estudiantes.

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

INVESTIGUEN:

6) ¿Qué tipo de enlace hay en la sacarosa (C₁₂H₂₂O₁₁)? ¿Cómo es su estructura molecular?

MODELOS Y MODELAJE SOBRE EL ENLACE QUÍMICO

Secuencia 3

mmcn

NOMBRES

INSTRUCCIONES: Lean con cuidado cada uno de los siguientes 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 para terminar.

ACTIVIDAD 1

1) Completen la siguiente tabla considerando los resultados experimentales de las sesiones anteriores. Tiempo de la actividad: 10 minutos.

Sustancia	Aspecto	¿Se disuelve en agua?	¿Transfiere la corriente eléctrica en disolución?
Cloruro de sodio (NaCl)			
Sacarosa (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)			

¿Transfiere la corriente eléctrica en estado sólido?	¿Se fundió en la cucharilla? (Sí, no, o parcialmente)	¿Por qué esto tiene que ver con sus propiedades?

ACTIVIDAD 2

MODELEN:

Tiempo de la actividad: 20 minutos.

2) Construyan un modelo en tres dimensiones (a nivel macroscópico), con los diversos materiales que están a su disposición, representando cómo se encuentran unidas las partículas del cloruro de sodio y de la sacarosa que explicaron con anterioridad. Piensen en cómo distinguir un tipo de partículas de otras en términos de su comportamiento en disolución y ante el incremento de la temperatura.

Propósitos particulares: Guiar a los estudiantes para que consideren las experiencias respecto al “objeto” a modelar a partir de observaciones de las experiencias de cátedra (directas y cualitativas) acerca de la entidad que está siendo modelada (cristales de cloruro de sodio).

Aprendizajes esperados: 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.

Recomendaciones: Proporcione a los estudiantes los instrumentos (hojas de registro) correspondientes a las actividades 1 y 2.

Propósitos particulares: Guiar a los estudiantes para que construyan un modelo a partir de la evidencia experimental y del intercambio de ideas.

Guiar a los estudiantes para que seleccionen los aspectos de la realidad que se usarán para describir el “objeto” a modelar. Elección de la representación más adecuada para el modelo.

Aprendizajes esperados: 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.

Materiales: Bolitas de unicel de tres tamaños diferentes, etiquetas de colores, palillos y cinta adhesiva.

Propósito particular: Guiar a los estudiantes para que seleccionen la representación más adecuada para el modelo a través de representaciones visuales (modelo en dos dimensiones), escritas y verbales de los cristales de cloruro de sodio y de sacarosa.

Aprendizajes esperados: Que los estudiantes identifiquen los códigos de representación así como la organización y estructuración de sus ideas.

Materiales: Hojas de papel bond, marcadores de colores.

Recomendaciones: Es importante que el profesor constantemente cuestione a los estudiantes respecto a las representaciones y códigos empleados.

Propósito particular: Que los estudiantes expliquen el proceso de modelaje en dos dimensiones de los cristales de cloruro de sodio y de sacarosa.

Guiar a los estudiantes para promover la comparación entre los modelos propuestos por los estudiantes.

Propósito particular: Guiar a los estudiantes para que discutan sobre el modelo propuesto.

Guiar a los estudiantes para promover la comparación entre los modelos propuestos por ellos mismos.

Guiar a los estudiantes para que identifiquen las fallas del modelo propuesto, e intenten hacer modificaciones al mismo.

Guiar a los estudiantes para que convengan a otros individuos de la validez de su propuesta, ya que si el modelo cumple con el propósito para el que ha sido elaborado, los individuos que lo han elaborado están entonces convencidos de su validez y su siguiente tarea consistirá en convencer a otros individuos de lo mismo.

Aprendizajes esperados: 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.

ACTIVIDAD 4

MODELEN:

En una cartulina elaboren un dibujo (modelo en dos dimensiones) del modelo anteriormente realizado.

ACTIVIDAD 5

ANALICEN:

Tiempo de la actividad: 5 minutos.

Escriban las características más importantes que consideraron para construir sus modelos.

ACTIVIDAD 6

EXPLIQUEN:

Compartan su modelo y cómo lo construyeron con el resto del grupo. Tiempo de la actividad: 15 minutos.

Materiales: Un modelo en tres dimensiones y uno en dos dimensiones.

Recomendaciones: Para la exposición se pidió a dos equipos que de manera voluntaria expusieran su modelo de cloruro de sodio y a otro equipo su modelo de sacarosa, y se permitió que los estudiantes de otros equipos elaboraran preguntas generando una discusión grupal sobre las similitudes y diferencias entre los modelos expuestos.

MODELOS Y MODELAJE SOBRE EL ENLACE QUÍMICO

Secuencia 4

EVALUACIÓN

mmcn

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.

APRENDIZAJES ESPERADOS

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.

INSTRUCCIONES:

Lee con cuidado el siguiente artículo. Al término completa el cuestionario que se presenta. Cuentas con 50 minutos para terminar.

DESAYUNO CON CRISTALES

Traducido y adaptado del artículo de David P. Robson (revista *ChemMatters*, octubre, 1983).

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. Difícilmente 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 que salió al sacudir el salero de cristal. 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

Propósito particular: Evaluar el grado de avance de los alumnos.

Aprendizajes esperados: 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.

Recomendaciones: Guiar a los estudiantes para que realicen la lectura con cuidado, ya que de eso depende su desempeño en el resto de la evaluación. No se recomienda intervenir en la resolución de los ejercicios, ya que en ellos se demuestra qué tanto comprendió el alumno a través de la secuencia didáctica y de la lectura.

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 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 de 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.

El azúcar o sacarosa

Si examinamos ahora 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 colocaras 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!

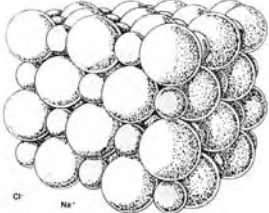
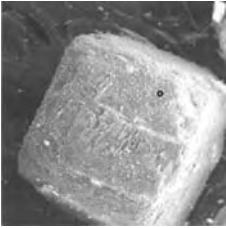
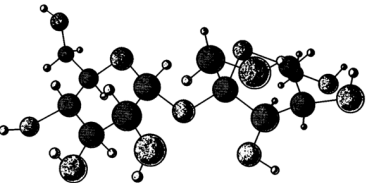
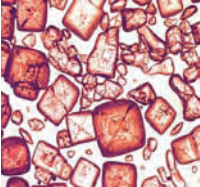
Esto sucede porque cuando las condiciones de temperatura son adecuadas, las moléculas de azúcar se acomodan en patrones regulares (unas sobre otras) en un patrón repetitivo, algo que, como sabemos es característico de los cristales. Los cristales de sacarosa (por lo tanto) están formados por moléculas. Pero en los cristales de azúcar sucede algo muy diferente a los de sal: 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 por qué 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.

¿PODRÍAS PENSAR EN OTROS MATERIALES SÓLIDOS EN LA MESA DEL DESAYUNO? Por supuesto, hay muchos, seguramente hay cubiertos de metal y vasos de vidrio y tazas de cerámica, u objetos de plástico... todos ellos también tienen estructuras y propiedades especiales, pero por hoy es suficiente química y cristales para el desayuno.

Questionario final

INSTRUCCIONES: De acuerdo con lo que has leído y los modelos que generaste para explicar el comportamiento de la sal y el azúcar, contesta las siguientes preguntas y realiza los siguientes ejercicios:

1. Describe las diferencias de lo que se ve en el modelo y las fotografías de la sal (arriba) y el azúcar (abajo).

Modelo microscópico	Material
	
	

2. 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	Aspectos diferentes entre los dos modelos

3. Lee las siguientes aseveraciones:

- Las sustancias iónicas son aquellas cuyas propiedades 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 (los átomos comparten electrones en pares que se colocan entre los núcleos de los átomos) y estas moléculas se unen entre sí, mediante fuerzas débiles.

Ahora completa las frases que siguen con el modelo de enlace que corresponda, de acuerdo con lo que has aprendido:

- a) En la sal, los átomos de cloro y de sodio se unen. Dicha unión se explica mucho mejor a través del modelo de enlace IONICO, lo cual puedo asegurar porque SUS DISOLUCIONES ACUOSAS CONDUCE LA ELECTRICIDAD Y TIENE UN ALTO PUNTO DE FUSIÓN
- b) En el azúcar, los átomos de carbono, oxígeno e hidrógeno se unen. Dicha unión se explica mucho mejor por medio del modelo de enlace COVALENTE, lo cual puedo asegurar porque SUS DISOLUCIONES ACUOSAS NO CONDUCE LA ELECTRICIDAD Y TIENE UN BAJO PUNTO DE FUSIÓN
- c) De acuerdo con lo que entendiste sobre el enlace químico, marca falso (F) o verdadero (V) al término de cada frase:
- ☞ Cuando se funde, la sal conduce la corriente eléctrica (V)
 - ☞ El azúcar no conduce la electricidad en estado sólido (V)
 - ☞ En la sal encontramos moléculas de NaCl (F)
 - ☞ En el azúcar las moléculas forman redes que crecen en todas direcciones (V)
 - ☞ La sal no sólo conduce la corriente eléctrica en disolución acuosa (F)
 - ☞ Las sustancias covalentes pueden formar cristales (V)
 - ☞ En la sal, las interacciones son por atracción de carga (V)
 - ☞ En el azúcar, las moléculas se juntan debido a interacciones débiles (V)
 - ☞ En la sal, los electrones se comparten a través de la red iónica (F)
 - ☞ En las moléculas de azúcar no hay electrones, ya que no conduce (F).

- d) De acuerdo con tu opinión, ¿es fácil modelar la estructura de las sustancias? ¿Por qué?

- e) Indica a continuación qué aprendiste con esta Unidad Didáctica.

Modelos y modelaje sobre mol

María Candelaria López Rosales y Alicia Rodríguez Hernández

En este capítulo se presenta la experiencia de las autoras al participar en este proyecto de investigación. Cada una cuenta su práctica porque ésta fue distinta, debido, en parte, al tipo de plantel en el que laboran. Se presenta también la forma en la que construyeron la estrategia de enseñanza para el tema de mol y se hacen algunas reflexiones respecto a su implementación. En el capítulo ó se encuentra una versión corregida de la Unidad Didáctica.

La conformación del grupo de profesores

Somos dos profesoras de educación secundaria en el Distrito Federal. Aunque trabajamos en el mismo nivel educativo nuestras condiciones de trabajo son muy diferentes, ya que mientras una de nosotras labora en una secundaria general, de mucha tradición entre la comunidad, con una gran extensión en sus instalaciones con 18 grupos de 40 alumnas cada uno, con un personal de cerca de 60 personas y con más recursos que la mayoría de escuelas del Distrito Federal, la otra labora en una telesecundaria que cuenta con tres grupos (uno por grado), sin instalaciones adecuadas para la enseñanza y con recursos materiales insuficientes.

Estas diferencias en las condiciones de trabajo no fueron impedimento para trabajar en conjunto en este proyecto, más bien fueron una ventaja en el momento de diseñar actividades que pudieran llevarse a cabo en cualquier escuela sin importar las condiciones en que se aplicaran. Nuestra inclusión en este proyecto se dio en forma diferente por lo que la relatamos a continuación en palabras de cada una de nosotras:

Alicia: “Soy una maestra de educación secundaria en el Distrito Federal con una experiencia docente de 20 años en este nivel. Cierta día recibí una invitación, por medio de un correo electrónico, para participar en un proyecto; al recibir este correo y ver quién lo enviaba quedé sorprendida y a la vez entusiasmada ante la posibilidad de participar en un proyecto con el Dr. José Antonio Chamizo, un nombre muy conocido por mí dado el tiempo que llevo dentro de la docencia en Química. Después de la sorpresa tuve muchas dudas: para empezar pensé que yo no sabía prácticamente nada acerca del tema y pensé que tal vez el Dr. Chamizo se había equivocado; también me sentía nerviosa ante la posibilidad de trabajar en la enseñanza de la Química, pero movida por la curiosidad y el entusiasmo respondí a la invitación y así se dio un intercambio de otros correos en los que concertamos una cita para entrevistarnos. Por diferentes circunstancias esta cita se vio pospuesta en tres ocasiones, lo que me hizo pensar que tal vez ya no participaría en el proyecto, pero por fin se dió, se despejaron algunas de mis dudas e inicié mi participación en este proyecto. Una de las primeras actividades

consistió en la aplicación de un cuestionario para conocer qué sabía de Modelos y Modelaje, al contestarlo lo hice lo mejor que pude, pero me di cuenta que mis conocimientos acerca de este tema eran muy pocos, por lo que resurgieron mis dudas acerca de si podría hacer un buen papel en este grupo de trabajo, aunque de inmediato José Antonio me tranquilizó al respecto y me hizo sentir con suficiente confianza para iniciarlo.”

Cande: “Hice un diplomado en Enseñanza en Ciencias en la UNAM, lo que me conectó afortunadamente con el presente trabajo de investigación. Para empezar debo decir que me sorprendió muchísimo recibir la invitación para participar en un proyecto de Química siendo yo psicóloga y sin experiencia en el campo de la investigación y, ¡claro que acepté de inmediato!, pero debía advertir al Dr. Chamizo que tenía dos problemas: primero que no sé Química y segundo que no hay laboratorio en mi escuela, lo que consideré me excluiría de inmediato del proyecto; afortunadamente no fue así, por el contrario fui recibida muy cordialmente. Fui la última en incorporarme al equipo de trabajo donde todos los profesores son químicos. Pensé que lo más que podría pasar es

que no hiciera bien mi trabajo, pero estaba dispuesta a aceptar el reto.

Posteriormente a la primera entrevista vinieron otras en las que conocimos al grupo de trabajo, todos maestros que, aunque pertenecientes al mismo nivel educativo, presentamos muchas diferencias en las condiciones de trabajo en el aula, lo que enriqueció desde el inicio cada sesión de trabajo. Las reuniones se daban cada mes; el Dr. Chamizo puso en operación una página en Internet para descargar información y que sirviera de enlace para comunicarnos entre nosotros por medio de una comunidad virtual. Costó trabajo que utilizáramos este medio, porque no entrábamos con la frecuencia que debíamos ni compartíamos nuestros avances cuando ocurrían, la verdad es que hasta ahora no hemos explotado todas las posibilidades de este medio de comunicación.

Seminario-taller sobre modelos y modelaje

Después de algunas reuniones de trabajo hubo un taller de Modelos y Modelaje impartido por la Doctora Rosária Justi, quien vino desde Brasil, y gracias al cual entramos ahora sí de lleno al tema central de nuestro proyecto. Rosária nos mostró los diseños de sus sesiones de aprendizaje y cómo debían trabajarse en el aula, ya que nosotros haríamos lo mismo. Teniendo el material en nuestras manos, fue difícil asimilar bien toda la información que nos bombardeó continuamente durante tres días (y en portugués, aunque lentamente hablado), de tal manera que en algunos momentos nos sentimos inseguras acerca de nuestra capacidad para elaborar un material similar. Aunque después descubrimos que no éramos las únicas con esos temores, pues surgieron muchas dudas e inquietudes, sobre todo acerca de la forma en que lo íbamos a implementar en cada una de nuestras escuelas.

Diseño de actividades colectivas

Como también se menciona en el capítulo 3, al concluir este taller surgió la necesidad de tener un primer acercamiento al uso de Modelos y Modelaje en la práctica cotidiana con nuestros alumnos. Se decidió trabajar con un solo tema (disoluciones) y diseñar una secuencia de actividades para tres sesiones, que comprendiera una para explorar ideas previas, la segunda de aplicación de Modelos y Modelaje enfocados en el tema de disoluciones y una última para la evaluación. La descripción detallada de éstas se presenta en el Capítulo 2 y una versión corregida en el Capítulo 6.

Los factores que influyeron en el diseño de los documentos de aplicación fueron: la investigación que hicimos acerca de las ideas previas de los alumnos con respecto a este tema; los conocimientos adquiridos en el taller de Modelos y Modelaje que habíamos cursado en el mes de julio, y la posibilidad de aplicación en los diversos planteles educativos que existen en nuestro país.

El hecho de que fueran tres sesiones resultó un factor importante pues hacer una secuencia más larga resultaría, en nuestra opinión, tedioso y desgastante para los alumnos y no nos llevaría a resultados confiables. En una reunión previa a la aplicación de las actividades en nuestras escuelas nos pusimos de acuerdo con respecto a qué materiales íbamos a requerir, cómo se presentarían dichos materiales, qué actividades se realizarían por equipos y cuáles en forma individual, los tiempos de cada ejercicio y la fecha de aplicación con los alumnos.

Para el diseño de las hojas de la secuencia de actividades retomamos algunas ideas propuestas por Rosária, otras las adaptamos de ejercicios ya existentes y otras más las diseñamos de acuerdo con las opiniones y experiencias que cada quien aportó. Al final resultaron tres secuencias que se redactaron y se enviaron posteriormente

(no sin algunos problemas) a cada miembro del equipo por medio del correo electrónico. Cada uno de nosotros aplicó esta actividad en su escuela.

Algo que llamó nuestra atención, en la aplicación de esta secuencia, fue que los modelos propuestos por los alumnos fueron diferentes y muy interesantes. Nos sorprendió mucho comprobar que los alumnos de secundaria piensan que la sal disuelta en agua “desaparece”, es decir no conserva su masa a pesar de haber hecho una demostración previa. Aún así, al concluir la experiencia tuvimos una idea más clara de cómo utilizar los modelos y el modelaje en otros temas del programa y, a la vez, nos dio más confianza en nuestro desempeño en el aula.

Diseño de la unidad didáctica para el tema de mol

Después de la realización de la primera actividad de modelaje, la de disoluciones, los profesores que integramos el equipo de Modelos y Modelaje nos dispusimos a hacer tres nuevas propuestas de trabajo con otros tantos temas correspondientes al programa que entraría en operación para Ciencias III (Química) en el ciclo 2008-2009, así que nos dividimos el trabajo por parejas y cada una seleccionó un tema. Así surgió nuestro equipo de trabajo; el tema que elegimos para desarrollar fue el de mol.

Desde un principio este tema se convirtió en todo un reto, ya que este concepto es de suma importancia en el estudio de la Química al relacionar lo macroscópico (lo que podemos ver) con lo microscópico (lo que no podemos ver) y ser la unidad de medición de la cantidad de materia. Revisamos libros de texto y revistas especializadas donde las propuestas pedagógicas que encontramos no ayudaron mucho ya que son sumamente elaboradas e incluyen conceptos, fórmulas y cálculos matemáticos difíciles de recordar. Sin saber

cómo empezar nos reunimos con José Antonio Chamizo para delimitar el tema, y consideramos pertinente elaborar actividades que llevaran a los alumnos a “pensar” principalmente en el tamaño de las partículas y de esa manera aproximarlos al tema de mol. Encontramos, de acuerdo con nuestra experiencia docente, que uno de los primeros problemas que se enfrentan para la comprensión del concepto de mol es el del manejo y representación de cantidades utilizando potencias de 10, por lo que se buscaron alternativas para abordar este tema. La sugerencia que nos pareció más adecuada fue la de usar una serie de imágenes extraídas de un video llamado *Powers of Ten* elaborado en 1977 por Charles y Ray Eames; estas imágenes muestran acercamientos y alejamientos hechos a una persona, asociados a una potencia de 10. Para la construcción de nuestra secuencia se decidió utilizar sólo 6 de las 42 imágenes que ahí aparecen.

Hicimos una propuesta inicial, la cual fue cuestionada por los demás integrantes del proyecto en función de si las actividades planteadas tenían relación con el objetivo, cuáles de esas actividades exploraban las ideas previas de los alumnos, en qué momento y qué iban a modelar, dónde y cómo describirían el proceso de modelaje, entre otras cosas. Realizamos la segunda versión utilizando básicamente las mismas actividades ya propuestas, reorganizadas y pulidas. Los documentos elaborados se planearon para ser aplicados en cuatro sesiones: la primera de exploración de ideas previas, dos de desarrollo y una de cierre y evaluación.

Para la construcción de los prototipos decidimos emplear plastilina, que a pesar de ser un material utilizado de manera recurrente, resulta muy práctico por ser de fácil adquisición, económico y sencillo para manejar. Tomamos la decisión de utilizar sólo un color de plastilina previniendo que los alumnos podrían diferenciar los átomos por sus colores y no por sus masas.

Implementación de la unidad didáctica para la enseñanza de mol

A continuación comentamos la aplicación de las actividades según ocurrió en cada una de nuestras escuelas de manera individual.

Alicia: Una vez que se tuvo el material listo cada una de nosotras seleccionó a un grupo para su aplicación. En mi caso elegí a un grupo que, a mi parecer, no es el mejor ni el peor en cuanto a aprovechamiento dentro de mi escuela; para mí éste resultaba ser un grupo más representativo de los estudiantes de una secundaria pública en el D.F. A partir de aquí tuve que vencer algunas dificultades para que se me otorgara permiso para la filmación de dos sesiones, ya que al solicitarle a mi director dicha autorización él me remitió a la oficina del Administrador de Servicios Educativos en el Distrito Federal, a quien se le tuvo que hacer una carta haciendo la solicitud y explicando para qué se solicitaba el permiso.

Todavía a la espera de la autorización recibí una visita (una semana antes) del Dr. Chamizo, acompañado de la persona responsable de la filmación para verificar y conocer el lugar en donde ésta se llevaría a cabo. La autorización para la filmación no llegaba por lo que estaba en duda la fecha en que sucedería; estuvimos en ascuas hasta un día antes de la filmación, cuando finalmente se recibió el documento otorgando el permiso, después de pasar por la inspección de la zona y la dirección de la escuela. Una vez sorteados todos estos trámites burocráticos fue posible por fin llevar a cabo la aplicación de la secuencia conforme a lo planeado.

Candelaria: La filmación en mi escuela contó con el apoyo entusiasta de la directora y de los padres de familia. La modalidad de telesecundaria permite la flexibilidad en el manejo de los tiempos destinados a la enseñanza, por lo que la filmación se realizó sin presiones de ningún

tipo. Los alumnos se mostraron interesados y participativos, aun aquellos que regularmente no trabajan.

Reflexiones y comentarios sobre la implementación de la unidad didáctica

La experiencia resultó igualmente motivante para todos. Los alumnos se mostraron sorprendidos al percatarse de que sus modelos iniciales se transformaron progresivamente durante las sesiones de aprendizaje en átomos y partículas diferentes entre sí y de tamaño distinto de acuerdo con sus masas atómicas. Finalmente debemos decir que son muchas las cosas que aprendimos: principalmente a planear en forma ordenada y estructurada, y que los modelos nos permiten identificar fácilmente las ideas previas de nuestros alumnos. También los hace propositivos y partícipes de su aprendizaje, los motiva y eleva su autoestima, los invita a compartir, discutir y confrontar sus ideas, lo que hace significativo su aprendizaje.

Algunos comentarios expresados por los alumnos con respecto a esta actividad son los siguientes:

- “En conclusión yo aprendí muchas cosas que no sabía modelando las moléculas y las cosas que no entendía de la tabla periódica de los elementos.”
- “Aprendí que todos los modelos son buenos porque es lo que crees de ellos; también aprendí sobre las masas atómicas de los elementos y sus propiedades y componentes.”
- “Aprendí muchas cosas como cuántas moléculas hay en una gota de agua y cómo hacer moléculas en plastilina.”

Sabemos que este trabajo no termina aquí, éste es sólo el comienzo ya que falta mucho por hacer en lo que se refiere al uso de modelos y modelaje en la enseñanza de la Química, y en general de las ciencias.

Este trabajo nos hizo reflexionar, explorar nuestras posibilidades, reconocer nuestras limitaciones y explotar al máximo

nuestras capacidades ya que es nuestro deber y responsabilidad, como profesoras de adolescentes, continuar en la búsqueda de

nuevas formas de enseñar que favorezcan el aprendizaje de nuestros alumnos, en nuestras aulas.

Es importante hacer notar que lo que se trata con esta unidad es que los alumnos se familiaricen con el tamaño de las partículas atómicas y moleculares y no que realicen cálculos matemáticos de manera mecánica sin entender qué están haciendo.

Objetivo: generar experiencias con el objeto a modelar.

UNIDAD DIDÁCTICA VERSIÓN DEL PROFESOR

Modelos y modelaje sobre mol 1 (20 min)

NOMBRES: _____

En el estudio de la Química el tema de las partículas subatómicas ha sido de especial interés para comprender la naturaleza de la materia. ¿Cómo es un átomo?, ¿de qué tamaño es?, ¿cuántos átomos hay en una determinada cantidad de sustancia?, ¿cómo podemos medir lo que no vemos?

Para medir una cantidad de sustancia que se puede ver (macroscópica) o una que no se puede ver (microscópica), el uso de potencias con base 10 facilita un conteo rápido. Así pueden indicarse cantidades o medidas muy grandes o muy pequeñas.

1. Completen la siguiente serie numérica pasando de base 10 a notación desarrollada:

$$10^0 = 1$$

$$10^1 = 10$$

$$10^3 = 1000$$

$$10^{12} = 1000000000000$$

$$10^{16} = 10000000000000000$$

$$10^{-1} = 0.1$$

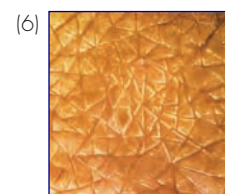
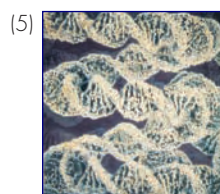
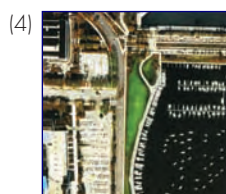
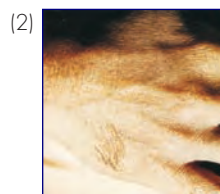
$$10^{-2} = 0.01$$

$$10^{-6} = 0.000001$$

$$10^{-10} = 0.0000000001$$

$$10^{-12} = 0.000000000001$$

2. Las siguientes imágenes muestran acercamientos de una misma imagen a diferentes distancias, ordénalas de menor a mayor acercamiento colocando el número de la imagen sobre la potencia en base 10 que corresponda.



(4)

10^2m

(3)

10^1m

(1)

10^0m

(2)

10^{-1}m

(6)

10^{-2}m

(5)

10^{-8}m

CONSIDERA LO SIGUIENTE:

Se inventaron unos lentes muy potentes con los que puedes ver la estructura de una hoja de papel como la que tienes en este momento. Elabora los modelos de cómo se vería la hoja con cuatro diferentes acercamientos.

(25 minutos)

10 ⁰ m	10 ¹ m	10 ⁻² m	10 ⁻⁴ m

1. Expliquen las razones por las cuales representaron así sus modelos y el proceso seguido para llegar a ellos.

Modelos y modelaje sobre mol 2
(50 min)

NOMBRES: _____

1. Consultando su tabla periódica identifiquen las masas atómicas correspondientes al Hidrógeno (H), al Oxígeno (O), al Sodio (Na) y al Cloro (Cl), y regístralas en la siguiente tabla.

ELEMENTO	H	O	Na	Cl
MASA ATÓMICA	1.008	15.999	22.990	35.453

2. Tomando en cuenta los datos obtenidos en la tabla anterior, dibujen modelos en los que representen un átomo de cada uno de los elementos señalados.

H	O	Na	Cl
---	---	----	----

3. Expliquen los motivos por los cuales los representaron de esa forma.

4. Utilizando la plastilina y la balanza de las que disponen construyan un modelo de cada uno de los átomos anteriores. Consulten su tabla de masas atómicas.

A pesar de parecer fácil esta actividad requiere observar cuidadosamente la hoja de papel. Se les puede indicar que los lentes se pueden ajustar a la distancia que deseen.

Es muy importante que los alumnos empiecen a reflexionar y a compartir entre ellos el proceso que siguieron para hacer el modelo, ya que es la base del modelaje

La descripción no es necesariamente sencilla ya que muchas veces lo que los alumnos hacen es definir, copiar o recordar algo que vieron con anterioridad. De lo que se trata es de que con sus propias palabras sean capaces de expresar de la manera más clara posible aquello que ellos mismos han construido (el paso del modelo mental al modelo material).

El reconocimiento de las similitudes y diferencias entre los modelos dibujados y los prototipos de plastilina es de fundamental importancia para establecer posteriormente la diferencia entre los modelos escolares y los modelos científicos.

5. Describan sus modelos y el proceso que siguieron para llegar a ellos.

Descripción de los modelos:

H _____

O _____

Na _____

Cl _____

Proceso

6. ¿Qué similitudes y qué diferencias encuentran entre los modelos dibujados y los modelos de plastilina?

Modelos y modelaje sobre mol 3
(50 min)

NOMBRES: _____

1. Utilizando los modelos de los elementos elaborados con plastilina representen al agua (H_2O) y al cloruro de sodio ($NaCl$), pésenlos y registren sus masas.

Masa del modelo de H_2O (g)	Masa del modelo de $NaCl$ (g)
18 g (generalmente los alumnos asignan al modelo del átomo de hidrógeno la masa de un gramo y de 16 a la del oxígeno).	58.5 g

2. ¿Cuánto pesarán 5 modelos o prototipos de cada una de las partículas que han elaborado hasta el momento? Anoten su predicción y a continuación verifiquenlo utilizando la balanza.

5 modelos de...	Pensamos que su masa es de...	Masa real (g)
H	5 g	5
O	80 g	80
Na	115 g	115
Cl	177.5 g	177.5
H_2O	90 g	90
$NaCl$	292.5 g	292.5

3. ¿Existe alguna relación entre los modelos que acaban de representar y las masas atómicas reales de los átomos? SI, expliquen las razones de su respuesta. Las masas que consideramos de los átomos son las mismas que aparecen en la tabla periódica pero en gramos.

Modelos y modelaje sobre mol 4
(15 min)

NOMBRES: _____

1. Analicen el siguiente texto:

“...Consideremos un grano de sal, una partícula lo suficientemente grande para poder detectarla sin la ayuda de un microscopio. En este grano de sal hay alrededor de 10^{16} millones de átomos de cloro y sodio”

De acuerdo con lo que dice el texto, ¿qué potencia en base 10 representaría el número de átomos que hay en un grano de sal? 16

Una barra de plastilina tiene una masa de 180 g, ¿cuántos modelos de átomos de hidrógeno se podrían representar? si cada átomo es de 1 g se pueden representar 180 átomos de hidrógeno, ¿cuántos de oxígeno? 11 y ¿cuántas moléculas de agua? 10.

2. Las masas atómicas del Calcio, del Mercurio y del Neón son respectivamente 40 uma, 201 uma y 20 uma (el uma es la unidad de masa atómica y es igual a 1.66×10^{-24} g), ¿cuánto pesarán 100 átomos de cada uno de ellos?

Ca $100 \times 40 \text{ uma} = 4\,000 \text{ uma} = 6\,640 \times 10^{-24} \text{ g} = 6.6 \times 10^{-21} \text{ g}$

Hg $100 \times 201 \text{ uma} = 20\,100 \text{ uma} = 33\,366 \times 10^{-24} \text{ g} = 3.3 \times 10^{-20} \text{ g}$

Ne $100 \times 20 \text{ uma} = 2\,000 \text{ uma} = 3\,320 \times 10^{-24} \text{ g} = 3.3 \times 10^{-21} \text{ g}$

3. ¿Pesarán igual 6×10^{23} átomos de Cromo que de Platino? NO, ¿por qué? Porque la masa de un átomo de Cromo es diferente que la de una de Platino (la de cromo es de 51.996 uma y la de platino 195.09 uma). Aunque muchas veces se emplea la palabra peso atómico hay que recordar que de lo que se está hablando en realidad es de masa atómica.

4. En 18g de agua hay 6×10^{23} moléculas de agua, en una gota hay 1.6×10^{21} moléculas, modelen una gota de agua:

(15 min)

ACTIVIDAD 5

Ventajas y limitaciones del modelo escolar comparado con el modelo científico

NOMBRES: _____

INSTRUCCIONES

A lo largo de esta secuencia unidad didáctica han desarrollado un modelo sobre MOL, es decir han modelado.

Algunas de las respuestas más usuales:

- Que los átomos y las moléculas pesan a pesar de ser muy pequeños.
- Que en un mol de partículas hay un número enorme de partículas.
- Que las masas de las moléculas son la suma de las masas de los átomos que las conforman.

Indiquen qué es lo que explica su modelo:

Ahora bien, su modelo escolar tiene ventajas y limitaciones cuando se compara con el modelo construido y aceptado por la comunidad científica.

A continuación se presentan de manera resumida diversas características del modelo científico. Revisenlo con cuidado y completen el cuadro que aparece al final.

MOL

Los átomos, es decir las moléculas mononucleares son muy, pero muy pequeños. Son de tamaño nanométrico, es decir, cuando expresamos su tamaño en esas unidades tenemos que recurrir a expresarlos en notación científica, esto es en potencias de diez. La siguiente tabla indica la relación entre las unidades de longitud y su expresión como potencias de diez. Un nanómetro es igual a 0.000000001 m, es decir 1×10^{-9} m.

picómetro	pm	0.000000000001 m	1×10^{-12} m
nanómetro	nm	0.000000001 m	1×10^{-9} m
micrómetro	μm	0.000001 m	1×10^{-6} m
milímetro	mm	0.001 m	1×10^{-3} m
metro	m	1 m	1×10^0 m
kilómetro	km	1 000 m	1×10^3 m
megámetro	Mm	1 000 000 m	1×10^6 m
gigámetro	Gm	1 000 000 000 m	1×10^9 m
terámetro	Tm	1 000 000 000 000 m	1×10^{12} m

La masa de un átomo es básicamente la suma de la masa de sus protones y neutrones y se mide en uma, es decir unidad de masa atómica. Un protón tiene una masa de 1 (un) uma, y el isótopo de ^4He tiene una masa de cuatro uma (sólo como dato $1 \text{ uma} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$). Evidentemente, y en general, cuanto mayor es el número atómico mayor es la masa atómica. Así, por ejemplo si un átomo de H tiene una masa menor que un átomo de O y éste a su vez menor que uno de Fe, 10 átomos de H tendrán una masa menor que 10 átomos de O y éstos a su vez menor que 10 átomos de Fe. Lo mismo se puede decir si lo que comparamos son 100 átomos o 1 000 o 1 000 000. No hay duda, mil millones de átomos de H tienen una masa menor que mil millones de átomos de oxígeno y éstos a su vez menor masa que mil millones de

átomos de Fe. Al expresar lo anterior en potencias de diez queda así: 1×10^9 átomos de H tienen menor masa que 1×10^9 átomos de O y éstos a su vez menor que 1×10^9 átomos de Fe.

De la misma manera que el metro es la unidad fundamental de longitud, y el segundo de tiempo, el **mol** es la unidad fundamental de cantidad de materia.

Un mol es igual a 6.02×10^{23} objetos.

$$6.02 \times 10^{23} = 6\,02\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$$

Al número 6.02×10^{23} se le conoce como número de Avogadro, por lo que un mol es también un número de Avogadro de objetos.

De acuerdo con todo lo anterior un mol de átomos de H tendrá una masa menor a un mol de átomos de O y éstos a su vez una masa menor que un mol de átomos de Fe.

Un mol de átomos de H (del isótopo ^1H) tiene una masa de 1g.

Un mol de átomos de O (del isótopo ^{16}O) tiene una masa de 16g.

Un mol de átomos de Fe (del isótopo ^{56}Fe) tiene una masa de 56g.

Llegamos así a una idea muy importante en química. Cuando tomamos la masa de los átomos que aparece en la Tabla Periódica y la expresamos en las mismas unidades (gramos, kilos, toneladas, etc.) tenemos el mismo número de partículas.

La masa de una molécula es la suma de las masas de los átomos que la componen. Así la masa de la molécula más sencilla H_2 es $1 + 1 = 2$ uma. La masa de las moléculas individuales se expresa en uma.

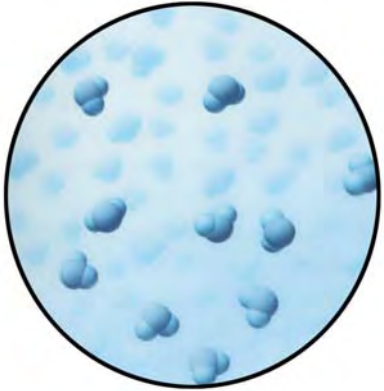
La masa de un mol de moléculas y/o de partículas en una red es igual a la masa de un número de Avogadro de moléculas. Así la masa de 6.02×10^{23} moléculas de H_2 es 2 gramos.

La masa de un mol de moléculas y/o de partículas en una red corresponde a su masa en uma expresada en gramos.

Masa molar de algunas moléculas y/o de partículas en una red

Molécula	Masa de una molécula (uma)	Masa de un mol de moléculas (gramos)
H_2	$1 + 1 = 2$	2
O_2	$16 + 16 = 32$	32
H_2O	$2 + 16 = 18$	18
CH_4	$12 + 4 = 16$	16
N_2O	$30 + 16 = 46$	46
Ca(OH)_2	$40 + 32 + 2 = 74$	74
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$54 + 96 + 192 = 342$	342

A continuación se muestra el modelo material científico en dos dimensiones de una gota de agua. En el cuadro a continuación dibujen el suyo y compárenlos.

Modelo escolar	Modelo científico
	
<p>Escriban las semejanzas y diferencias que en su opinión son químicamente importantes entre ambos modelos.</p>	
<p>Semejanzas</p> <hr/> <hr/>	<p>Diferencias</p> <hr/> <hr/>

Indiquen a continuación qué aprendieron con esta unidad didáctica.

Modelos y modelaje sobre la corrosión

María Georgina Díaz Vázquez y Rafael Rangel Rangel

Este capítulo cuenta la experiencia de los profesores al diseñar la Unidad Didáctica sobre la corrosión. En este caso, los profesores hacen énfasis en las dificultades que existen cuando se trata de trabajar en colectivo y de modificar la práctica “tradicional”, y en cómo éstas pueden sortearse para llevar a cabo un proceso exitoso. En el capítulo 6 se presenta la versión corregida de la Unidad Didáctica.

Diseño de la Unidad Didáctica para la enseñanza del tema de corrosión

La historia empieza de una manera simple. Después de haber trabajado durante meses en este proyecto, de lecturas, seminarios, discusiones y una prueba preliminar de actividades sobre disoluciones llegó el momento de seleccionar, por equipos de dos personas, el tema que íbamos a tratar. Comenzamos así a delimitar el contenido académico que contendría nuestro trabajo.

Al inicio tuvimos varias complicaciones ya que uno de los integrantes de este equipo no estaba convencido de trabajar el tema de electroquímica, por lo que se dificultó delimitar el objetivo del trabajo y costó bastante tiempo ponernos de acuerdo ya que queríamos que el proyecto tuviera muchos temas para abarcarlos todos y que los alumnos lo pudieran entender lo mejor posible. Cabe aclarar que ambos integrantes del equipo somos personas que trabajamos dos turnos; aún así aceptamos este reto que, si bien es enriquecedor, demanda tiempo y esfuerzo.

A pesar de habernos reunido en dos ocasiones para definir el tema, éste no

quedaba y se pidió ayuda a José Antonio [Chamizo], quien mencionó que el trabajo debía salir de nosotros, de nuestra experiencia, con nuestras virtudes y defectos y no tener influencia externa. Continuamos trabajando cada uno por nuestra parte y compartíamos vía Internet nuestras propuestas. Como resultado obtuvimos un manual para el maestro y cinco actividades que tenían “mucho de todo”, pero dirigidos de una manera muy tradicional. Nuevamente nos reunimos con José Antonio para que se analizara lo que pretendíamos, ya que era demasiado y se concretó que sólo tomáramos una pequeña parte de todo lo que habíamos pensado, ya que ello nos permitiría manejarlo adecuadamente.

La segunda entrega no fue mejor: todo el tiempo que habíamos empleado en el proyecto (tanto nosotros dos como Alejandra [García Franco]) no estaba dando los resultados esperados. Entonces el proyecto se volvió un reto y empezamos a trabajar de cero, volvimos a leer el documento, que tomamos como base para desarrollar el trabajo, y descubrimos qué era lo que se solicitaba: abarcar poco pero permitir que los alumnos fueran construyendo a partir de sus ideas previas un significado, que fueran modelando su pensamiento, y

que a partir de ese modelo, que irían sometiendo a diferentes pruebas, debían modificarlas hasta llegar a un objetivo claramente delimitado: entender el concepto de corrosión. Volvimos a reacomodar el trabajo y con sólo dos días de anticipación a la filmación del proyecto logramos tener listo el material que íbamos a aplicar.

Implementación de la Unidad Didáctica

La filmación de nuestra Unidad Didáctica (como todas las demás) se haría en dos partes. A Georgina le tocó iniciar en su escuela, una secundaria bilingüe con alumnos muy bien preparados, mientras que Rafael continuaría en su plantel que es una escuela secundaria nocturna para trabajadores, o sea que los alumnos son personas adultas. De entre todos los integrantes de este proyecto nuestras instituciones educativas son las más dispares. Al saber el orden en que se iban a realizar las filmaciones uno de nosotros debía iniciar las actividades antes, de modo que compartiéramos experiencias y pudimos afinar y adecuar una actividad que no resultaba del todo como la habíamos planeado.

A partir de este punto las relatorías de los dos integrantes de esta Unidad Didáctica van por separado, y son la evidencia de las experiencias en cada aplicación. Gina empieza y termina Rafael.

Georgina: Durante la aplicación de la Unidad Didáctica utilizamos el laboratorio de química de la escuela. Afortunadamente mi institución cuenta con esta infraestructura que, en mi opinión, resulta indispensable para el buen aprendizaje de la química. Al trabajar las ideas previas sobre la corrosión —que dicho sea de paso las de mis alumnos no se parecían a las encontradas en la bibliografía—, con una cámara enfrente de mis alumnos y de mí, amén de los micrófonos y demás distractores, que generalmente no están presentes en “días normales” de clase, el inicio fue un tanto “tenso”, “rígido”, poco usual en mis alumnos y en mí. Después de cinco minutos opté por olvidarme de “enfaticar el trabajo con un solo equipo” —el más cercano a las cámaras y micrófonos— y de todos los demás distractores, por lo que la clase transcurrió como generalmente sucede: ágil, participativa, entretenida y fluida.

Claro que nunca falta el alumno que se siente comprometido a “brillar” entre sus compañeros ante condiciones especiales. Tal fue el caso de un chico que generalmente asiste a la clase pero que su participación sólo responde a un estímulo directo y personalizado. En esta ocasión nos sorprendió a todos proporcionando mucho material producido por él, fue inquisitivo, sistemático, muy participativo de manera espontánea y asertiva en sus contribuciones a la clase. En esta sesión los alumnos trabajaron muy bien y creo que los objetivos de las actividades se alcanzaron.

Obviamente detecté que era necesario hacer precisiones a los documentos que recibieron los alumnos, tales como incluir instrucciones que los obligaran a identificar los códigos que empleaban en sus modelos.

Finalmente creo que valió mucho la pena el proceso de planeación, la madurez

que fui adquiriendo durante el mismo y la flexibilidad —que por personalidad y por formación profesional me cuesta trabajo tener— que empecé a desarrollar durante el mismo.

Obviamente en cuanto llegué a casa me puse en contacto con mi compañero de equipo para compartirle mi experiencia y proporcionarle ideas sobre la segunda parte de las actividades —la que le iban a filmar a él— de acuerdo con lo vivido.

Rafael: Las actividades en mi escuela se llevaron a cabo en un salón de clases. Generalmente contamos con muy pocos alumnos, y su asistencia es irregular; finalmente son personas adultas que salen de su trabajo para venir a la escuela. En ocasiones hay más profesores que alumnos en el plantel. A mis alumnas, por su edad, les cuesta trabajo desprenderse de sus ideas previas, por lo que en las dos sesiones iniciales de corrosión, con el inicio de los experimentos en los que se les mostraba metales con diferentes grados de oxidación, relacionaron inmediatamente la palabra corrosión con oxidación, al mostrarles que no era el agua la que oxidaba a los metales, sino el oxígeno que hay en el medio ambiente.

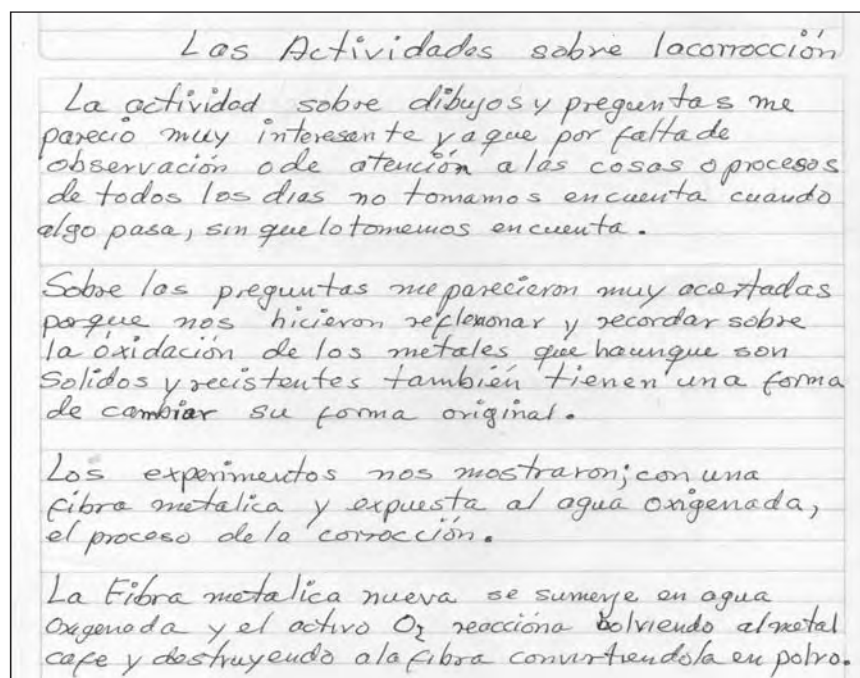
Al desarrollar los experimentos, el que más les llamó la atención fue el caso en el

que se colocó una fibra de metal en agua oxigenada y se pesó para que se notara que aumentó la masa porque algo se le adicionó por el efecto de la corrosión. Durante la sesión de la filmación creo que las alumnas, a pesar de que iban preparadas para el trabajo y a ser filmadas, les afectó la presencia de las cámaras ya que casi no querían hablar para dar detalles de lo que habían descubierto antes y poner a prueba un modelo que apoyara lo que habían encontrado; debido a ello se les tuvo que hacer una pregunta directa sobre qué se necesitaban conocer para poner a prueba su modelo.

Una vez terminadas las sesiones, ya descansé un poco de la preparación de las mismas y la tensión de la filmación; ahora ya se puede notar lo que debemos modificar y corregir para que la presentación de las actividades esté de acuerdo con lo que se pretende manejar en el proyecto.

Reflexión y comentarios sobre la implementación de la Unidad Didáctica

Revisando el proceso del grupo que fue filmado y al reunir las experiencias obtenidas



con los demás grupos a los que se les aplicaron las actividades propuestas, confirmamos que trabajar con modelos no es una actividad que se deba emplear para todos los temas, pues, como ya lo habíamos comentado en las sesiones anteriores con todos los maestros que estamos participando en este proyecto, en este tipo de actividades se invierte mucho tiempo y el programa que marca la SEP es muy largo para el ciclo escolar. Creemos firmemente que esta opción del trabajo con modelos es muy significativa y propicia la metacognición, el trabajo colaborativo y la modificación de las ideas previas, y que hay que seleccionar los temas que han de trabajarse de esta forma.

Estamos convencidos de que funciona, de que es una alternativa de trabajo

muy buena para favorecer el aprendizaje activo de los alumnos y que ayuda a desarrollar en ellos una mejor forma de aproximarse a los contenidos académicos en su aplicación cotidiana. Parece que todo es cuestión de identificar el concepto clave, “el inicio de la madeja”, para que, teniendo esto firme, se pueda continuar el aprendizaje. Como lo indica una de nuestras alumnas adultas, las preguntas son muy importantes (Figura 5.1).

En cuanto a las carencias que pudimos detectar en nuestros alumnos podemos generalizar las siguientes:

- Hay que ayudarles a que aprendan a describir con precisión.

- Hay que proponer actividades cuya resolución implique, de manera explícita, el recuento de su proceso (terminado o no) para que propongan caminos alternos de solución, detecten y corrijan sus errores antes de terminar su proceso y lo evalúen.
- Hacer ejercicios donde los alumnos propongan temas y actividades para desarrollar la planeación y la formulación de instrucciones precisas.
- Buscar actividades donde los alumnos tengan que representar en dos dimensiones objetos en tercera dimensión.
- Planear actividades en donde tengan que pensar (metacognición) y tener más tiempo para que lo logren.

UNIDAD DIDÁCTICA VERSIÓN DEL PROFESOR

Los tiempos marcados en estas sesiones son una guía para llevar a cabo las experiencias, pero se pueden modificar de acuerdo con las necesidades de cada localidad, escuela y población.

MODELANDO LA CORROSIÓN

A) SESIÓN 1 (Trabajar en equipos de 2 a 4 alumnos) (15 min)

La oxidación es un cambio químico que cuando sucede en los metales, al grado de “destruirlos”, se conoce en química como corrosión. Todo cambio químico “cambia” las propiedades de la materia, se dice que “deja de ser lo que era y se forma una nueva sustancia”. La tarea consiste en construir modelos que nos ayuden a entender qué es lo que pasa con un metal que ha sufrido un proceso de corrosión.

1. Observen los tres objetos que tienen sobre sus mesas, manipúlenlos: huélanlos, intenten doblarlos, rásquenlos.
Formulen hipótesis sobre factores a los que debieron estar expuestos los objetos de metal para favorecer su corrosión y justifiquen sus respuestas.

Gancho de cortina:

Para poder tener los metales (gancho de cortina, rondana, fibra metálica) en el proceso de corrosión correcto es necesario prepararlos con anticipación, para lo cual se recomienda que se dejen a la intemperie durante dos semanas; si se desea prepararlos en menor tiempo se pueden dejar sumergidos en agua oxigenada al 30% con dos días de anticipación.

Se sugiere una fibra de metal muy fragmentada y hay que quitarle el jabón, para lo cual hay que remojarla previamente en agua y dejarla a la intemperie para que se observe la corrosión que se llevó a cabo.

Proporcionar a los alumnos los mismos materiales corroídos y sin corroer para que puedan hacer la comparación.

Se recomienda que los dibujos indiquen cómo era la materia, como si se vieran las moléculas o átomos antes del proceso de corrosión, y cómo es cuando ya está el metal con corrosión.

En este punto les cuesta trabajo a los alumnos expresar por escrito sus ideas, por lo que se recomienda ayudarles con preguntas como: “¿Qué te hace pensar que ese paso es el primero?”, “¿por qué o para qué lo pensaste?”

Rondana:

Fibra metálica para lavar trastos:

- Suponiendo que tuvieran una súper vista y pudieran ver las partículas que forman estos objetos, elaboren un modelo del material antes y después de la corrosión:

Partículas antes de la corrosión	Partículas del material corroído

Nota: Es necesario que expliquen con palabras el significado de los códigos (colores, signos, etcétera) que empleen en sus dibujos.

- Describan cada uno de los pasos que hicieron mentalmente para dibujar lo anterior:

Paso no.	En qué pensaron	Por qué lo pensaron

MODELANDO LA CORROSIÓN

B) SESIÓN 2 (Trabajar en equipos de 2 a 4 alumnos) (25 min)

Formación de una nueva sustancia...

En la sesión anterior trabajamos con metales que estaban corroídos. Pensando en las condiciones en que éstos se corroyeron, trataremos de reproducir experimentalmente el fenómeno de diferentes formas, una de ellas será acelerar el proceso de oxidación empleando agua oxigenada; y la otra será metiendo la fibra en un dispositivo en el que esté continuamente en contacto con vapor de agua y aire.

1. Determinar la masa de una fibra metálica para lavar trastos a la cual ya se le ha quitado el jabón. Introducirlo en un vaso de precipitados grande que contenga agua oxigenada al 30%. Permanecerá en ese lugar hasta la segunda parte de esta sesión.

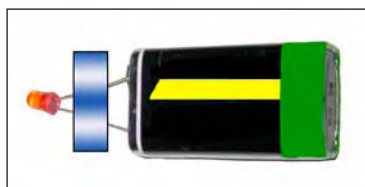
Masa inicial de la fibra: _____

Aspecto de la fibra antes de introducirla al agua oxigenada:

¿Creen que cambiará la masa de la fibra metálica después de que se exponga a cualquiera de los sistemas anteriores (agua oxigenada y vapor de agua y aire)?, expliquen:

2. Una de las propiedades de los metales es que conducen la corriente eléctrica. Observen el siguiente experimento:

Se conecta un metal en proceso de corrosión a un polo de una pila. En el otro polo se conecta un *LED* y el extremo libre de éste se une al metal, tal como se muestra parcialmente en la figura.



¿Qué sucedió?, ¿por qué?

3. Con la lija tallen el objeto corroído hasta quitarle la apariencia rojiza y repitan el experimento anterior. ¿Qué sucedió?, ¿por qué?

4. ¿Cambiarían algo del modelo que construyeron en la sesión anterior después de esta experiencia?, ¿por qué?

5. Dibuja el nuevo modelo con partículas, con las modificaciones que quieras hacer para que explique lo sucedido anteriormente:



Nota: Es necesario que expliquen con palabras el significado de los códigos (colores, signos, etcétera) que empleen en sus dibujos.

Se necesita una balanza que pueda medir décimas de gramo para que sea posible determinar el cambio de masa, ya que ésta debe aumentar.

El metal a usar en este inciso debe estar completamente oxidado en todas sus partes y con una capa gruesa del óxido; probar con antelación que no debe haber conducción de corriente ya que si una pequeña parte no está oxidada permitirá el paso de ésta y entonces los alumnos no verán el efecto deseado. Lo que se busca es que no haya conducción por ser una sustancia diferente al metal del cual partió.

Hay que quitar la capa de óxido para que el alumno vea que al remover la sustancia nueva que se formó, debajo de ella está el metal que aún conserva sus propiedades y puede volver a conducir la corriente eléctrica.

El nuevo modelo deberá dejar explícito que la oxidación es un proceso químico superficial.

Hay que tener cuidado al extraer la fibra del agua oxigenada, ya que si al quitar el exceso de agua con un papel absorbente se hace con mucha presión sobre el metal se quedarán restos del material oxidado sobre el papel, con lo que se alterará la medición que se desea obtener.

(15 min)

6. Regresemos a la fibra para lavar trastos. Sáquenla del vaso de precipitados y séquenla con toallas absorbentes. Describan su aspecto físico:

Masa final de la fibra (agua oxigenada):

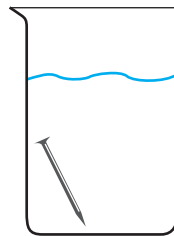
Masa final de la fibra (vapor de agua):

Comparen las condiciones iniciales y finales de la fibra. Expliquen:

MODELANDO LA CORROSIÓN

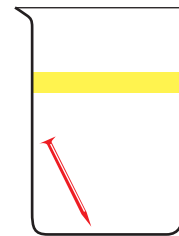
- C) SESIÓN 3 (Trabajar en equipos de 2 a 4 alumnos) (20 min)

1. Los siguientes dibujos representan cuatro pruebas usadas en un experimento diseñado para averiguar cuál de las condiciones es necesaria para que un clavo de hierro se oxide (lo cual será evidente por el color rojizo que tome).



agua

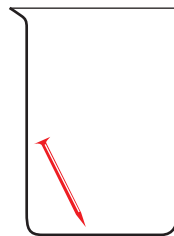
HAY CORROSIÓN



Capa de aceite

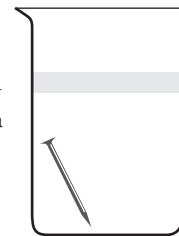
agua a la que se quitó el aire al hervirla

NO HAY CORROSIÓN



aire húmedo

HAY CORROSIÓN



aire seco

NO HAY CORROSIÓN

Cloruro de calcio para remover el vapor de agua

De estos resultados se puede concluir que la oxidación ocurre en presencia de:

- a) únicamente aire seco
- b) únicamente agua sin aire
- c) aire o agua
- d) aire y agua
- e) No sé

2. Empleando los símbolos de los elementos que intervienen en la reacción de la oxidación de los metales, modelen lo que piensan que sucedió:



Sólo en la pregunta 2 es necesario apoyar a los alumnos para que escriban la reacción que se lleva a cabo entre el hierro y el oxígeno y para que lleguen a la conclusión de que la corrosión es una oxidación que se puede representar por medio de una reacción química y utilicen este modelo para explicar el aumento de masa.

Unidades Didácticas para utilizar con los alumnos

A continuación se presentan dos ejercicios sobre modelos y modelaje y cuatro unidades didácticas sobre temas específicos (cuyo proceso de corrección ha sido descrito en los capítulos 2 al 5). Estas unidades didácticas han sido corregidas a partir de las pruebas realizadas con ellas en aulas de la Ciudad de México con todo tipo de alumnos. Varias de dichas pruebas fueron filmadas y se encuentran en la página web <http://www.modelosymodelajecientifico.com>, de manera que los docentes interesados podrán allí revisarlas. Cada unidad didáctica inicia con una tabla que le indica al profesor las secuencias seguidas e identifica cuidados y dificultades posibles en la realización de las actividades propuestas, además de marcar los objetivos de las mismas para el aprendizaje de modelos y modelaje en general.

Estos documentos son complementarios a los mostrados en los capítulos 2, 3, 4 y 5, ya que concretan y homogeneizan una

propuesta educativa específica construida con profesores, para profesores.

Modelos y modelaje. Introducción

Consideraciones para el profesor

En la siguiente tabla se presenta una síntesis de las secuencias que se generaron para trabajar el tema de modelos y el modelaje, de forma que los profesores y profesoras las puedan utilizar como introducción al tema. Se especifican los objetivos didácticos y de modelos y modelaje de cada una de las actividades, así como algunas sugerencias de aplicación para que la maestra o maestro las tengan en consideración.

Características de la actividad	Objetivos en términos de modelos y modelaje	Objetivos didácticos y sugerencias de aplicación
Secuencia 1. Poder que pega		
1. Hacer un modelo que explique cómo funciona un pegamento.	Tener experiencias con el objeto a modelar. Producir un modelo mental y expresarlo en diferentes formas de representación.	Muchas veces es difícil que los alumnos expresen un modelo porque en este caso no existe una respuesta correcta. Es importante que el profesor oriente a los equipos en el sentido de construir un modelo que explique las características del pegamento, y que les haga notar que pueden proponer "cualquier" cosa, siempre y cuando logre explicar estas características.

2. Compartir el modelo con el resto del grupo.	Considerar la validez del modelo.	Los equipos presentan sus modelos y es importante que los demás equipos hagan preguntas y evalúen el modelo en función de su capacidad de explicar el funcionamiento del pegamento. El profesor puede hacer notar diferencias y semejanzas entre los modelos y resaltar que no existe un “mejor” modelo, sino tal vez uno más adecuado que otro para explicar ciertas características.
3. Explicar el proceso del modelaje.	Reconocer el proceso de modelaje.	Esta actividad puede ser difícil para los estudiantes pues implica reflexionar sobre un proceso de construcción. Se pretende favorecer la metacognición, por lo que el profesor debe guiar a los estudiantes para que describan de qué forma llegaron al modelo. Esta es una habilidad que se irá desarrollando a lo largo de todas las secuencias presentadas.
4. Comparar el proceso de modelaje.	Reconocer el proceso de modelaje y compararlo con el de otros equipos.	Esta actividad pretende también favorecer la metacognición y reconocer que existen diversas aproximaciones para la construcción de los modelos. El profesor puede discutir con los alumnos de qué forma este ejercicio se compara con la construcción del conocimiento en química.
Secuencia 2. La caja negra		
1. Analizar los contenidos de la caja y dibujarlos.	Tener experiencias con el objeto a modelar.	Es importante que la caja esté bien cerrada para que no se pueda hacer trampa. 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. Explicar los motivos de sus dibujos.	Reflexionar sobre el proceso de construcción de los modelos.	Es importante que los estudiantes noten que están usando inferencias para determinar los modelos y que no tener acceso directo a las cosas no implica que no se pueda decir algo sobre ellas.
3. 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.	Es importante que los estudiantes vayan más allá de enlistar los objetos y que traten de reflexionar en las diferencias. La discusión de esta actividad puede orientarse en el sentido de que es importante que los modelos se prueben y respondan frente a la evidencia para considerar su validez. También se puede resaltar la incertidumbre en la construcción de los modelos y la importancia de la negociación en la comunidad. Se puede hacer una analogía entre este ejercicio y el proceso de construcción de conocimiento en la ciencia, resaltando que en el caso de la ciencia, no es posible “abrir la caja”.

MODELOS Y MODELAJE. INTRODUCCIÓN
 Secuencia 1. Poderquepega



NOMBRES _____

Consideren la siguiente situación:

Se ha diseñado un nuevo pegamento para papel y madera que es más fuerte que todos los otros pegamentos y que además seca inmediatamente. Los químicos que lo han inventado (y que le dieron el nombre de “Poderquepega”) no saben aún cómo funciona, de allí que se requiere saber, ¿por qué pega este nuevo pegamento?

Como el “Poderquepega” es un nuevo pegamento no hay información en libros, revistas, ni en Internet acerca de por qué lo hace. Piensen en el asunto, dibujen y expliquen con un modelo a nivel microscópico (empleando partículas) cómo funciona el Poderquepega.

1) Elaborar un modelo no es una tarea fácil y, como en muchas otras situaciones de la vida, a veces es más importante el proceso (serie de pasos) que el resultado (su modelo). Por eso, independientemente de cuál haya sido el modelo que dibujaron, indiquen en la siguiente tabla los pasos que siguieron para hacerlo y por qué.

Paso	¿Qué hicieron en ese paso? ¿En qué pensaron? ¿Qué tomaron en cuenta?	¿Qué finalidad tiene ese paso? ¿Por qué lo hicieron de esa forma?



2) Comparen su modelo con el del resto de los equipos. ¿En qué se parece? ¿En qué es diferente? Discutan y reconozcan con la maestra o maestro, ¿cuál es el mejor modelo? Anoten sus conclusiones.

3) Comparen el proceso de producción del modelo que ustedes siguieron con el de los otros equipos. ¿Son iguales? ¿Por qué son diferentes? ¿Es similar la construcción que ustedes hicieron de modelos para el pegamento con el trabajo que hacen los científicos? Anoten sus conclusiones aquí.

MODELOS Y MODELAJE. INTRODUCCIÓN
Secuencia 2. La caja negra



NOMBRES _____

1) Representen, dibujando, lo que hay en la caja.

2) Expliquen los motivos por los que dibujaron lo anterior.



3) Describan detalladamente lo que hay en la caja.

Comparen su dibujo (modelo) con lo que hay en la caja (realidad). Escriban cuáles son las semejanzas y las diferencias, y a qué creen que se deben éstas.

Semejanzas entre el modelo y la realidad	Diferencias entre el modelo y la realidad
Comentarios	

Modelos y modelaje sobre disolución

Consideraciones para el profesor

En la siguiente tabla se presenta una síntesis de la estrategia para la enseñanza de la disolución basada en los modelos y el modelaje. Se especifican los objetivos didácticos y de modelos y modelaje de cada una de las actividades, así como algunas sugerencias de aplicación para que la maestra o maestro las tengan en consideración.

Características de la actividad	Objetivos en términos de modelos y modelaje	Objetivos didácticos y sugerencias para su aplicación
Secuencia 1		
1. Reflexionar sobre la conservación de la masa en una disolución. Elaborar una hipótesis sobre el proceso de disolución.	Tener experiencias con el objeto a modelar.	Existen ideas previas reportadas sobre que los estudiantes no necesariamente consideran que la masa se conserva en una disolución. Este ejercicio permite a los profesores identificar ideas previas respecto a la conservación de masa y promueve que los estudiantes expliciten sus ideas sobre un fenómeno cotidiano. Ello les servirá de referencia para los modelos que se construyan posteriormente.
2. Modelar la disolución de azúcar y sulfato de cobre.	Tener experiencias con el objeto a modelar. Elaborar un modelo mental y expresarlo.	El maestro debe tener a la mano los materiales listos para la demostración. Si es posible, es recomendable que cada equipo haga las disoluciones, pues ello permite observar ciertos detalles que pueden ayudar a la mejor construcción del modelo. El maestro guiará a los estudiantes para que hagan explícitos los códigos que emplean en los modelos y puedan compartirlos.
3. Comparar los modelos que se generan.	Considerar las limitaciones del modelo. Modificar el modelo generado.	Los estudiantes presentan sus modelos y el profesor puede hacer notar las diferencias (por ejemplo, algunos lo hacen a nivel macroscópico y otros a nivel microscópico). Es importante fomentar que los equipos cuestionen los modelos de otros para que éstos puedan “defender” el modelo que construyeron de acuerdo con su poder de explicación. Se puede pedir que verifiquen si su modelo explica la conservación de masa. Se puede también dar oportunidad para que los estudiantes revisen su modelo y lo transformen o enriquezcan a partir de la discusión.
Secuencia 2		
1. Elegir un modelo que represente las etapas de una disolución.	Utilizar un modelo para explicar un proceso.	Es importante que los estudiantes retomen la discusión anterior para que en esta actividad relacionen la conservación de masa y el proceso de disolución con los modelos microscópicos que se presentan. Se recomienda que esta actividad se haga de modo individual para que la profesora o profesor puedan evaluar la comprensión de los estudiantes.

2. Identificar la formación de una disolución y hacer un modelo para ellas.	Tener experiencias con el objeto a modelar.	Es importante tener listos todos los materiales para las demostraciones. En este caso se trabaja con solutos en diferentes estados de agregación y se les da un modelo para el disolvente (agua). Ello permite a los estudiantes expresar sus ideas sobre la formación de disoluciones a partir de solutos diferentes.
3. Definir qué es un modelo y hacer uno general.	Sintetizar la construcción realizada hasta el momento y expresar un modelo general.	Se debe fomentar que los estudiantes retomen todas las discusiones anteriores en su definición para un modelo. El profesor puede evaluar la capacidad de los estudiantes para generalizar, así como la apropiación de los estudiantes de un modelo microscópico para las disoluciones.
Secuencia 3		
1. Sintetizar lo que han realizado a lo largo de estas secuencias.	Reunir la información.	Esta actividad favorece la metacognición al sintetizar lo realizado y permite a los estudiantes explicitar sus ideas.
2. Presentación del modelo científico a través de un texto y un diagrama y su comparación con el modelo.	Hay que hacer notar a los alumnos la diferencia entre los modelos didácticos, construidos por ellos para explicar los fenómenos que les rodean, y los científicos, que generalmente explican más fenómenos. Lo anterior no quiere decir que los modelos didácticos 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. Considerar el rango de validez y las limitaciones del modelo. Modificar/Rechazar el modelo mental y material.	La comprensión de los modelos presentados no es trivial. Es importante asegurarse de que todos los alumnos los entiendan. En este caso los estudiantes evalúan su modelo, lo cual les permite reflexionar y aprender sobre el proceso. Es fundamental hacer notar que lo que se está aprendiendo es el proceso de modelar, que finalmente es el que realizan los científicos.
3. Indicar qué se aprendió con la unidad didáctica.	Reflexión sobre todo el proceso de modelaje.	Metacognición, autoevaluación.

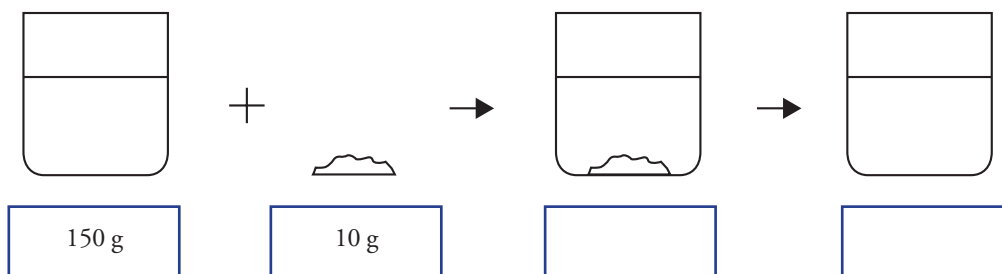
MODELOS Y MODELAJE SOBRE DISOLUCIONES

Secuencia 1. El soluto, ¿desaparece?



NOMBRES _____

- 1) Se coloca agua en un recipiente transparente y se pesa con una balanza. La masa del recipiente con agua es de 150 g. Posteriormente se pesan 10 g de sal. La sal se agrega al agua y se deposita en el fondo del recipiente, después de unos minutos ya no es posible ver la sal.



- a) Completen los cuadros con la masa que suponen tiene cada recipiente.
b) ¿Qué ocurrió con la sal? Expliquen utilizando partículas.

- 2) Modelen lo que sucede cuando se disuelve la sal.



3) Modelen lo que sucede cuando se disuelve el sulfato de cobre.

4) Comparen sus modelos con los de los otros equipos. Discutan con todo el grupo sobre las semejanzas y diferencias entre los modelos y argumenten por qué el de ustedes es un buen modelo (si permite explicar la evidencia).

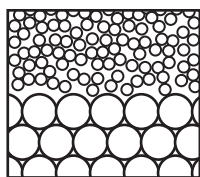
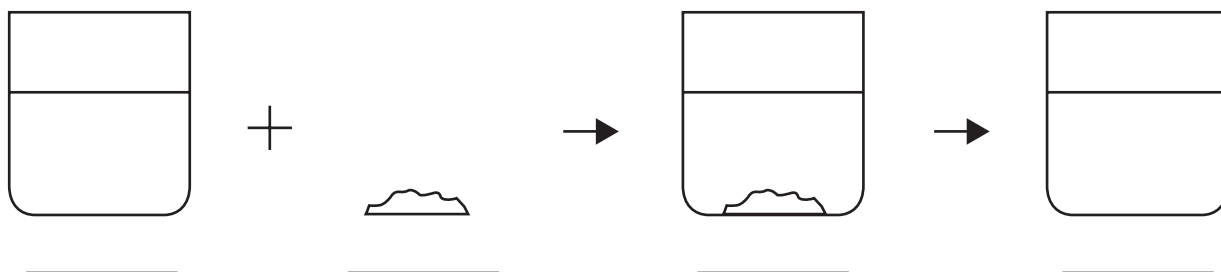
Una vez que discutieron revisen de nuevo su modelo. ¿Cambiarían algo? ¿Qué? Anoten aquí las conclusiones de la discusión.

MODELOS Y MODELAJE SOBRE DISOLUCIONES
Secuencia 2. ¿Cómo es una disolución?

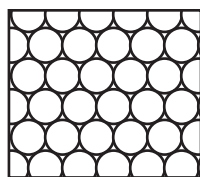


NOMBRES _____

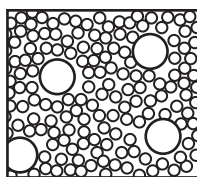
- 1) Indica en la figura inferior cuál de los diagramas representa las partículas presentes en cada una de los diferentes momentos en los que el azúcar se disuelve en agua. NOTA: No se incluyen todas las partículas.



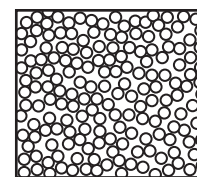
a



b



c



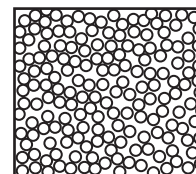
d

- 2) A partir de las demostraciones realizadas por tu profesor (a):

a) Identifica cuáles son disoluciones:

- a. dióxido de carbono en agua
- b. arena en agua
- c. alcohol en agua
- d. polvo sabor uva en agua
- e. polvo de gis en agua

b) De las que son disoluciones, elabora un dibujo que modele el soluto y la disolución. Considera que en todos los casos el disolvente es agua y está representado por el siguiente diagrama:





3) A partir de todo lo que has realizado en estas actividades, responde las siguientes preguntas:

a) Un modelo es:

b) Dibuja un modelo general que explique cualquier tipo de disolución.



NOMBRES _____

A lo largo de esta unidad didáctica han desarrollado un modelo sobre disoluciones.

1) Indiquen qué es lo que explica su modelo:

Ahora bien, su modelo escolar tiene ventajas y limitaciones cuando se compara con el modelo construido y aceptado por la comunidad científica.

2) A continuación se presentan de manera resumida diversas características del modelo científico. Révisenlo con cuidado y completen el cuadro que aparece al final.

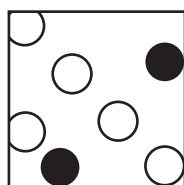
LAS DISOLUCIONES

Las disoluciones son mezclas homogéneas, es decir, están formadas por diferentes componentes que pueden separarse de ella por métodos físicos y su apariencia es totalmente uniforme.

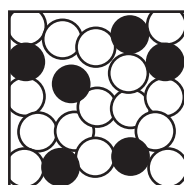
La proporción de los componentes en una disolución pueden variarse, pero existe una sustancia que se presenta en mayor cantidad, a la que se denomina **disolvente**, y otra en menor proporción, a la que se denomina **soluto**. En las disoluciones, las partículas del soluto son del tamaño de átomos o moléculas, por lo que es imposible distinguirlos a simple vista o utilizando un microscopio.

De acuerdo con su estado de agregación, las disoluciones pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas. Algunos ejemplos de disoluciones comunes son el aire, el agua gasificada, el vinagre, el agua de mar, las aleaciones metálicas como el bronce y el latón.

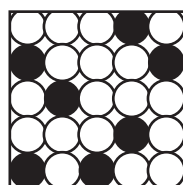
A continuación se muestran modelos en dos dimensiones para una disolución gaseosa (a), una disolución líquida (b) y una disolución sólida (c).



(a)



(b)



(c)



En el siguiente cuadro dibujen el modelo que ustedes construyeron a lo largo de la actividad y compárenlos con el modelo científico

Modelo escolar	Modelo científico

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

Semejanzas	Diferencias

3) Indiquen a continuación qué aprendieron con esta unidad didáctica.

Modelos y modelaje sobre el enlace químico

Consideraciones para el profesor

En la siguiente tabla se presenta una síntesis de la estrategia para la enseñanza del enlace químico basada en los modelos y el modelaje. Se especifican los objetivos didácticos y de modelos y modelaje de cada una de las actividades, así como algunas sugerencias de aplicación para que la maestra o maestro las tengan en consideración.

Características de la actividad	Objetivos en términos de modelos y modelaje	Objetivos didácticos y sugerencias de aplicación
Secuencia 1		
1. Descripción de cristales.	Tener experiencias con el objeto a modelar.	Hacer hincapié en la observación detallada para que noten que ambas sustancias son 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.	Cuando los alumnos predicen el resultado de un experimento, hacen explícitas sus ideas previas, por lo que es importante que el profesor se mantenga atento a ellas. Es necesario insistir a los alumnos en que compartan el código de la representación en los modelos.
3. Explicar el proceso del modelaje .	Reconocer el proceso de modelaje.	Favorecer la metacognición.
Secuencia 2		
1. Imaginar que se evaporan las disoluciones.	Llevar a cabo experimentos mentales y construir modelos materiales derivados de ellos.	Muchos alumnos piensan que los sólidos desaparecen cuando se disuelven. Hay que hacer notar que, aunque no los veamos, la sal y el azúcar siguen estando allí. Esto es importante para la construcción posterior de su modelo tridimensional de la sal.
2. Probar la conductividad de la sal y el azúcar en estado sólido 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.	El experimento de conductividad eléctrica con las sustancias sólidas requiere que los cristales sean lo suficientemente grandes para que los cables no se toquen. Favorecer la metacognición.
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.	No se trata de decir que las sustancias que tienen altos puntos de fusión necesariamente tienen enlaces de determinado tipo (lo cual es falso), lo que se busca es que los alumnos encuentren sus propias explicaciones al fenómeno y que las vayan contrastando con la evidencia que van obteniendo. Es importante que los alumnos puedan empezar a validar la información documental a la que tienen acceso. Se puede pedir con anticipación que traigan libros y/o acceder a Internet y/o dejarlo de tarea. En el dibujo de la sacarosa lo más importante es la interacción entre las moléculas, no la molécula misma.

Secuencia 3		
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.	Reunir la información en forma de tablas facilita el trabajo de comparación del modelo didáctico contra la evidencia experimental. El profesor puede a su vez poner una tabla en el pizarrón para que todos los alumnos tengan la misma información.
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.	Se requieren pelotas de unicel, o plastilina, y palillos. Es importante establecer el código de representación y verificar que el modelo explique la evidencia.
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.	Guiar a los estudiantes para que argumenten sobre el modelo que construyeron, aclarando el proceso de modelaje, así como las representaciones y códigos empleados. Identificar semejanzas y diferencias entre los modelos y evaluarlos en términos de su capacidad para explicar los fenómenos.
Secuencia 4		
1. Realizar la lectura sobre "Desayuno con cristales".	Hay que hacer notar a los alumnos la diferencia entre los modelos didácticos, contruidos por ellos para explicar los fenómenos que les rodean, y los científicos, que generalmente explican más fenómenos. Lo anterior no quiere decir que los modelos didácticos estén mal, o que sean falsos, simplemente su capacidad de explicación es reducida cuando se los compara con aquellos contruidos por los expertos a lo largo de muchos años de trabajo e investigación. Es fundamental hacer notar que lo que se está aprendiendo es el proceso de modelar, que finalmente es el que realizan los científicos.	La lectura es importante para contrastar lo que los alumnos han hecho con la evidencia científicamente validada. Hay que asegurarse de que se realiza de manera adecuada individualmente.
2. Evaluación del alumno y de los modelos contruidos.	Considerar el rango de validez y las limitaciones del modelo. Modificar/Rechazar el modelo mental y material.	La evaluación debe ser útil también para aprender y reflexionar.
3. Indicar qué aprendiste con la unidad didáctica.	Reflexión sobre todo el proceso de modelaje.	Metacognición, autoevaluación.

MODELOS Y MODELAJE SOBRE EL ENLACE QUÍMICO
Secuencia 1. Las apariencias engañan



NOMBRES _____

1) Coloquen un poco de cada sustancia cristalina (sal y azúcar) por separado en las cajas de Petri o en los vidrios de reloj o en las tapas de plástico (o lo que esté disponible como recipiente) que les dé su profesor. Obsérvenlos por medio de lupas u otros instrumentos que permitan aumentar la imagen y registren sus observaciones en la siguiente tabla.

Sustancia	Dibujen los cristales	Describan otras características de los cristales
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 ¿Sucedió lo que esperaban? ¿Podrían contestar lo mismo que al inicio de la sesión sobre las diferencias y semejanzas entre la sal y el azúcar?

Construyan un modelo material (en dos dimensiones, es decir un dibujo) que explique para cada sustancia disuelta por qué una conduce 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:



MODELOS Y MODELAJE SOBRE EL ENLACE QUÍMICO

Secuencia 2. Sobre los efectos del calor

NOMBRES _____

INSTRUCCIONES: Lean con cuidado cada uno de los siguientes párrafos, anoten las respuestas en los espacios en blanco, observen los experimentos que realice su maestra o maestro y construyan 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 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)		

¿Sucedio lo que esperaban?

¿Hay alguna diferencia entre las sustancias en cuanto a sus conductividades 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?
Cloruro de sodio (NaCl)		
Sacarosa (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)		

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

MODELOS Y MODELAJE SOBRE EL ENLACE QUÍMICO
 Secuencia 3. Comparando las propiedades de las sustancias



NOMBRES _____

INSTRUCCIONES: Lean con cuidado cada uno de los siguientes párrafos, anoten las respuestas en los espacios en blanco y construyan el modelo en tres dimensiones que se les solicita. Cuentan con 50 minutos para terminar.

1) Completen la siguiente tabla considerando los resultados experimentales y la investigación que realizaron en las dos secuencias 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)						

Modelos y modelaje en ciencias naturales

¿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 material 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 término de su 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 cuál explica mejor la evidencia experimental y las diferencias entre la sal y el azúcar. Anoten aquí sus conclusiones.

MODELOS Y MODELAJE SOBRE EL ENLACE QUÍMICO

Secuencia 4. Ventajas y limitaciones del modelo escolar comparado con el modelo científico



NOMBRES _____

El propósito de esta sesión es que apliques los aprendizajes que lograste en 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 terminar completa el cuestionario que se presenta. Cuentas con 50 minutos para terminar.

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. Difícilmente lo consideramos un espacio para pensar acerca de los átomos y de cómo éstos 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, enciéndela 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 tiene geometría parecida, 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 unas 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.

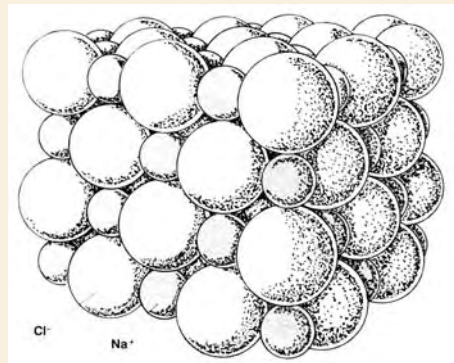
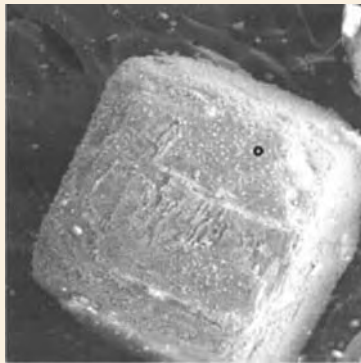
Para poder visualizar mejor este patrón, es decir, cómo se acomodan la celdas repetidas de los iones en la sal, imagina primero un tablero de ajedrez con cuadros rojos y negros alternados. Ahora imagina que colocas otro tablero encima, pero haciendo coincidir los cuadros rojos sobre los negros, de manera 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 de cloruro de sodio, en el que 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

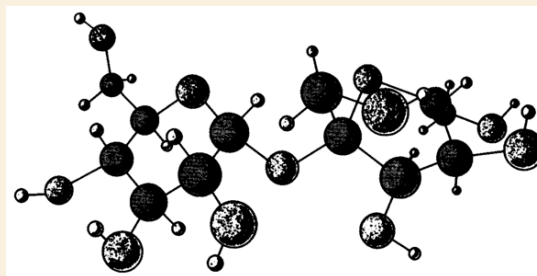
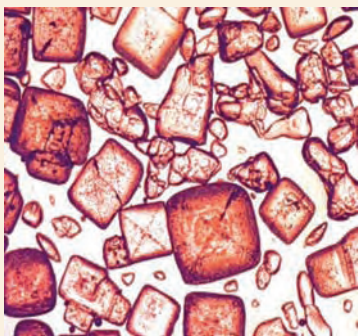
Examinemos ahora la otra sustancia en la mesa del desayuno: el azúcar o sacarosa. Y bueno, al adentrarnos en el entorno microscópico de este compuesto resulta que observamos algo que ya extrañábamos... ¿está formado de moléculas!

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 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ 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 por qué 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... ¡tú 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 están a la misma escala.



2) CUESTIONARIO FINAL (Individual)

- I) De acuerdo con lo que entendiste en la lectura marca falso (F) o verdadero (V) al término de cada frase:
- a. Cuando se funde, la sal conduce corriente eléctrica ()
 - b. El azúcar no conduce la electricidad 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 corriente eléctrica en disolución acuosa ()
 - f. Las sustancias covalentes 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 corriente eléctrica ()

II) Compara el modelo de la sal que construiste con el modelo descrito en el artículo, ¿en qué son iguales?, ¿en qué difieren?

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 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: _____

3 Indica a continuación qué aprendiste con esta unidad didáctica.

MODELOS Y MODELAJE SOBRE EL MOL

Consideraciones para el profesor

En la siguiente tabla se presenta una síntesis de la estrategia para la enseñanza del mol basada en los modelos y el modelaje. Se especifican los objetivos didácticos y de modelos y modelaje de cada una de las actividades, así como algunas sugerencias de aplicación para que la maestra o maestro las tengan en consideración.

Características de la actividad	Objetivos en términos de modelos y modelaje	Objetivos didácticos y sugerencias de aplicación
Secuencia 1		
1. Completar una serie numérica y comparar un objeto visto desde diferentes escalas.	Generar experiencias con el objeto a modelar.	Lo que se busca es que los estudiantes desarrollen una noción sobre la escala de los átomos y de las moléculas, más que la realización de cálculos matemáticos.
2. Proponer un modelo para una hoja de papel en diferentes escalas.	Expresar modelos utilizando diferentes formas de representación.	El objetivo es que los estudiantes "imaginen" la composición de la hoja y que la representen de maneras diferentes.
3. Explicar el proceso de modelaje.	Reconocer el proceso de modelaje.	Favorecer la metacognición.
Secuencia 2		
1. Proponer un modelo para los átomos a partir del dato de sus masas atómicas y explicar la representación.	Utilizar fuentes de información para generar experiencia con el objeto a modelar. Expresar un modelo y reflexionar sobre su construcción.	El objetivo es que los estudiantes reflexionen sobre la masa de cada átomo como una propiedad que lo distingue de otros. Favorecer la metacognición.
2. Hacer un modelo de los átomos utilizando una balanza y plastilina.	Expresar un modelo usando diferentes formas de representación y reflexionar sobre su construcción.	Relacionar la masa atómica de un átomo con su masa medible para representar un átomo de plastilina. Favorecer la metacognición.
3. Comparar ambos modelos (dibujos y plastilina).	Reconocer diferencias entre modelos que representan lo mismo.	Esta discusión permitirá posteriormente tener elementos para distinguir los modelos científicos de los modelos construidos por los alumnos. Favorecer la metacognición.
Secuencia 3		
1. Utilizar los modelos en plastilina de los átomos para construir moléculas o pares iónicos.	Llevar a cabo pruebas experimentales y mentales.	Los alumnos reconocen que la masa de un modelo de un compuesto es la suma de los modelos de los elementos.
2. Comparar las masas de un solo prototipo de plastilina y de cinco prototipos.	Llevar a cabo pruebas experimentales y mentales.	Los alumnos reconocen que las relaciones de masa entre las sustancias se conservan, pero que la predicción no siempre es igual a la medición por la manera en la que están contruidos los modelos.

3. Establecer la relación entre los modelos construidos y las masas atómicas.	Comparar la información generada experimentalmente con la información obtenida en la tabla periódica.	Las masas consideradas para los átomos son las mismas que aparecen en la tabla periódica, pero en gramos. Se puede guiar esta discusión a la imposibilidad de medir un único átomo y a la necesidad de agruparlos para poder medirlos.
Secuencia 4		
1. Relacionar la masa de porciones macroscópicas de una sustancia con el número de átomos que puede contener esa porción.	Reconocer el rango de validez del modelo y aplicarlo para resolver las preguntas planteadas.	Tener una noción del número de átomos o moléculas que hay en una porción "medible" de sustancia.
2. Reconocer que el mismo número de átomos de sustancias diferentes tienen masas diferentes.	Reconocer el rango de validez del modelo y aplicarlo para resolver las preguntas planteadas.	Reconocer que la masa de un mismo número de átomos es diferente para cada elemento y también la imposibilidad de medir la masa de un solo átomo.
3. Realizar un modelo para una gota de agua.	Aplicar el modelo construido para representar una gota de agua. Reconocer el rango de validez de un modelo construido.	Los estudiantes representan sus modelos en dos dimensiones (pueden usar rotafolios) y los muestran al resto del grupo. Se señalan las diferencias entre los modelos, sus ventajas y desventajas, y pueden argumentar sobre el uso de un modelo específico. Favorecer la metacognición.
Secuencia 5		
1. Contrastar el modelo construido con el modelo científico.	Hay que hacer notar a los alumnos la diferencia entre los modelos didácticos, construidos por ellos para explicar los fenómenos que les rodean, y los científicos, que generalmente explican más fenómenos. Lo anterior no quiere decir que los modelos didácticos 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. Es fundamental hacer notar que lo que se está aprendiendo es el proceso de modelar, que finalmente es el que realizan los científicos.	Con esta lectura se busca introducir el mol como la unidad de referencia para medir cantidad de sustancia. La lectura es importante para contrastar lo que los alumnos han hecho con la evidencia científicamente validada. Hay que asegurarse que se realiza de manera adecuada individualmente.
2. Comparar el modelo construido con el modelo escolar aceptado.	Considerar el rango de validez y las limitaciones del modelo. Modificar/Rechazar el modelo mental y material.	La evaluación debe ser útil también para aprender y reflexionar.
3. Indicar qué aprendiste con la unidad didáctica.	Reflexión sobre todo el proceso de modelaje.	Metacognición, autoevaluación.

MODELOS Y MODELAJE SOBRE MOL
 Secuencia 1. Que tan pequeño es lo pequeño



NOMBRES _____

En el estudio de la Química el tema de las partículas subatómicas ha sido de especial interés para comprender la naturaleza de la materia. ¿Cómo es un átomo?, ¿de qué tamaño es?, ¿cuántos átomos hay en una determinada cantidad de sustancia?, ¿cómo podemos medir lo que no vemos?

Para medir una cantidad de sustancia que se puede ver a simple vista (macroscópica) o una que no se puede ver a simple vista (microscópica), el uso de potencias con base 10 facilita un conteo rápido. Así pueden indicarse cantidades o medidas muy grandes o muy pequeñas.

1. Completen la siguiente serie numérica pasando de base 10 a notación desarrollada:

$10^0 = 1$

$10^{-1} = 0.1$

$10^1 = 10$

$10^{-2} = 0.01$

$10^3 =$

$10^{-6} =$

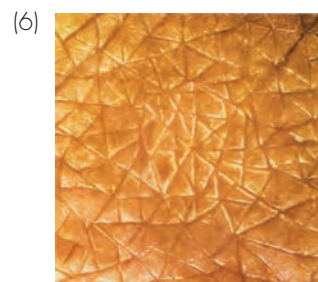
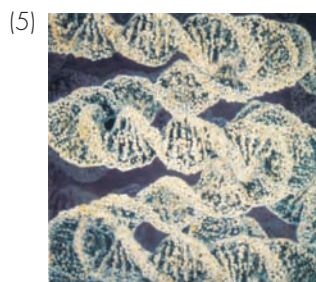
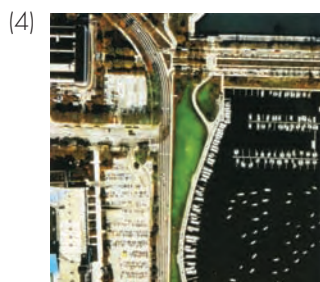
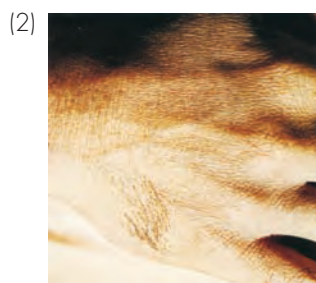
$10^{12} =$

$10^{-10} =$

$10^{16} =$

$10^{-12} =$

Las siguientes imágenes muestran acercamientos de una misma imagen a diferentes distancias, ordénalas de menor a mayor acercamiento colocando el número de la imagen sobre la potencia en base 10 que corresponda.



_____ 10^2m

_____ 10^1m

_____ 10^0m

_____ 10^{-1}m

_____ 10^{-2}m

_____ 10^{-8}m

Modelos y modelaje en ciencias naturales



2. Considera lo siguiente:

Se inventaron unos lentes muy potentes con los que puedes ver la estructura de una hoja de papel como la que tienes en este momento. Construye los modelos de cómo se vería la hoja con cuatro diferentes acercamientos.

--	--

10^0 m

10^1 m

--	--

10^{-2} m

10^{-4} m

3. Expliquen las razones por las cuales representaron así sus modelos y el proceso que siguieron para llegar a ellos.

--

MODELOS Y MODELAJE SOBRE MOL
Secuencia 2 ¿Cómo son los átomos?



NOMBRES _____

1. Consultando su tabla periódica identifiquen las masas atómicas correspondientes al Hidrógeno (H), al Oxígeno (O), al Sodio (Na) y al Cloro (Cl) y regístrénlas en la siguiente tabla.

ELEMENTO	H	O	Na	Cl
MASA ATÓMICA				

Tomando en cuenta los datos obtenidos en la tabla anterior, dibujen modelos donde representen un átomo de cada uno de los elementos señalados.

H	O
Na	Cl

Expliquen los motivos por los cuáles los representaron de esa forma.



2. Utilizando la plastilina y la balanza de las que disponen construyan un modelo material (prototipo) de cada uno de los átomos anteriores (pueden consultar la tabla de masas atómicas). Describan sus modelos y el proceso que siguieron para llegar a ellos.

Descripción de los modelos:

H

O

Na

Cl

Proceso

3. ¿Qué similitudes y qué diferencias encuentran entre los modelos dibujados y los modelos de plastilina?

MODELOS Y MODELAJE SOBRE MOL
 Secuencia 3 ¿Cómo son las moléculas?



NOMBRES _____

1. Utilizando los modelos materiales de los elementos elaborados con plastilina representen al agua (H_2O) y al cloruro de sodio ($NaCl$); pénselos y registren sus masas.

Masa del modelo material de H_2O (g)	Masa del modelo material de $NaCl$ (g)

2. ¿Cuánto pesarán 5 modelos materiales (prototipos) de cada una de las partículas que han elaborado hasta el momento?, anoten su predicción y a continuación verifíquenlo utilizando la balanza.

5 modelos materiales de...	Pensamos que su masa es de...	Masa real (g)
H		
O		
Na		
Cl		
H_2O		
$NaCl$		

3. ¿Existe alguna relación entre los modelos materiales que acaban de construir y las masas atómicas de los átomos? Expliquen las razones de su respuesta.



MODELOS Y MODELAJE SOBRE MOL
Secuencia 4 ¿Cuánto pesan los átomos?

NOMBRES _____

1. Analicen el siguiente texto:

Consideremos un grano de sal, una partícula lo suficientemente grande como para poder detectarla sin la ayuda de un microscopio. En este grano de sal hay alrededor de 10^{16} millones de átomos de cloro y sodio.

De acuerdo con lo que dice el texto, ¿cuántos átomos de cloro y sodio hay en un grano de sal?

Una barra de plastilina tiene una masa de 180 g, ¿cuántos modelos materiales (prototipos) de átomos de hidrógeno se podrían representar?

¿Cuántos de oxígeno? _____

Y, ¿cuántos modelos materiales de moléculas de agua?

2. Las masas atómicas del Calcio (Ca), del Mercurio (Hg) y del Neón (Ne) son respectivamente 40 uma, 201 uma y 20 uma, (el uma es la **unidad de masa atómica** y es igual a 1.66×10^{-24} g); ¿cuánto pesarán 100 átomos de cada uno de ellos?

Ca _____ Hg _____ Ne _____

¿Pesarán igual 6×10^{23} átomos de Cromo (Cr) que de Platino (Pt)? _____, ¿por qué?

3. En 18 g de agua hay 6×10^{23} moléculas de agua, en una gota hay 1.6×10^{21} moléculas. Utilizando los objetos que se les proporcionan modelen una gota de agua.

Muestren el modelo material bidimensional que construyeron al resto del grupo. Argumenten por qué su modelo les permite representar una gota de agua. Noten las diferencias y similitudes de su modelo con los de sus compañeros. Escriban aquí su reflexión respecto al proceso que siguieron para construir su modelo.



NOMBRES _____

Instrucciones:

A lo largo de esta secuencia unidad didáctica han desarrollado un modelo sobre los átomos y las moléculas que les permite explicar y entender _____

Ahora bien, su modelo escolar tiene ventajas y limitaciones cuando se compara con el modelo construido y aceptado por la comunidad científica. A continuación se presentan de manera resumida diversas características del modelo científico. Revísenlas con cuidado y completen el cuadro que aparece al final.

MOL

Los átomos, es decir las moléculas mononucleares, son muy, pero muy pequeños. Son de tamaño nanométrico, esto es que cuando expresamos su tamaño en esas unidades no tenemos que recurrir a expresarlos en notación científica, es decir en potencias de diez. La siguiente tabla indica la relación entre las unidades de longitud y su expresión como potencias de diez. Un nanómetro es igual a 0.000000001 m es decir 1×10^{-9} m.

picómetro	pm	0.000000000001 m	1×10^{-12} m
nanómetro	nm	0.000000001 m	1×10^{-9} m
micrómetro	μ m	0.000001 m	1×10^{-6} m
milímetro	mm	0.001 m	1×10^{-3} m
metro	m	1 m	1×10^0 m
kilómetro	km	1 000 m	1×10^3 m
megámetro	Mm	1 000 000 m	1×10^6 m
gigámetro	Gm	1 000 000 000 m	1×10^9 m
terámetro	Tm	1 000 000 000 000 m	1×10^{12} m

La masa de un átomo es básicamente la suma de la masa de sus protones y neutrones, y se mide en uma (unidad de masa atómica). Un protón tiene una masa de 1 uma, y el isótopo de ^4He tiene una masa de 4 umas (sólo como dato: $1 \text{ uma} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ g}$). Evidentemente, y en general, cuanto mayor es el número atómico mayor es la masa atómica. Así, por ejemplo, si un átomo de H tiene una masa menor que un átomo de O y éste a su vez menor que uno de Fe, 10 átomos de H tendrán una masa menor que 10 átomos de O y éstos a su vez menor que 10 átomos de Fe. Lo mismo se puede decir si lo que comparamos son 100 átomos o 1 000 o 1 000 000. No hay duda, mil millones de átomos



de H tienen una masa menor que mil millones de átomos de oxígeno y éstos a su vez menor masa que mil millones de átomos de Fe. Al expresar lo anterior en potencias de diez queda así: 1×10^9 átomos de H tienen menor masa que 1×10^9 átomos de O y éstos a su vez menor que 1×10^9 átomos de Fe.

De la misma manera que el metro es la unidad fundamental de longitud, y el segundo de tiempo, el **mol** es la unidad fundamental de cantidad de materia.

Un mol es igual a 6.02×10^{23} objetos.

$$6.02 \times 10^{23} = 6\,02\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000$$

Al número 6.02×10^{23} se le conoce como “número de Avogadro”, por lo que un mol es también un número de Avogadro de objetos.

De acuerdo con todo lo anterior un mol de átomos de H tendrá una masa menor a un mol de átomos de O y éstos a su vez una masa menor que un mol de átomos de Fe.

Un mol de átomos de H (del isótopo ^1H) tiene una masa de 1g.

Un mol de átomos de O (del isótopo ^{16}O) tiene una masa de 16 g.

Un mol de átomos de Fe (del isótopo ^{56}Fe) tiene una masa de 56 g.

Llegamos así a una idea muy importante en química: cuando tomamos la masa de los átomos que aparece en la Tabla Periódica y la expresamos en las mismas unidades (gramos, kilogramos, toneladas, etc.) tenemos el mismo número de partículas.

La masa de una molécula es la suma de las masas de los átomos que la componen. Así la masa de la molécula más sencilla H_2 es $1 + 1 = 2$ umas. La masa de las moléculas individuales se expresa en umas.

La masa de 1 mol de moléculas y/o de partículas en una red es igual a la masa de un número de Avogadro de moléculas. Así la masa de 6.02×10^{23} moléculas de H_2 es 2 gramos.

La masa de 1 mol de moléculas y/o de partículas en una red corresponde a su masa en umas expresada en gramos.

MASA MOLAR DE ALGUNAS MOLÉCULAS

Molécula	Masa de una molécula (uma)	Masa de un mol de moléculas (gramos)
H_2	$1 + 1 = 2$	2
O_2	$16 + 16 = 32$	32
H_2O	$2 + 16 = 18$	18
CH_4	$12 + 4 = 16$	16
N_2O	$30 + 16 = 46$	46
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$40 + 32 + 2 = 74$	74
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$54 + 96 + 192 = 342$	342

2. A continuación se muestra el modelo material científico en dos dimensiones de una gota de agua. En el cuadro a continuación dibujen el suyo y compárenlos.



Modelo escolar	Modelo científico

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

Semejanzas	Diferencias
------------	-------------

4. Indiquen a continuación qué aprendieron con esta unidad didáctica.

MODELOS Y MODELAJE SOBRE LA CORROSIÓN

Consideraciones para el profesor

En la siguiente tabla se presenta una síntesis de la estrategia para la enseñanza del mol basada en los modelos y el modelaje. Se especifican los objetivos didácticos y de modelos y modelaje de cada una de las actividades, así como algunas sugerencias de aplicación para que la maestra o maestro las tengan en consideración.

Características de la actividad	Objetivos en términos de modelos y modelaje	Objetivos didácticos y sugerencias de aplicación
Secuencia 1		
1. Descripción de objetos corroídos.	Tener experiencias con el objeto a modelar.	Es necesario proveer a los alumnos con muestras de estos objetos corroídos u otros semejantes. Hacer hincapié en la observación detallada para que noten que los metales de hierro corroídos tienen semejanzas.
2. Modelar la estructura de un objeto corroído y compararla con otro que no lo esté.	Tener experiencias con el objeto a modelar. Elaborar un modelo mental y otro material.	Es necesario insistir a los alumnos en que compartan el código de la representación en los modelos.
3. Explicar el proceso del modelaje.	Reconocer el proceso de modelaje.	Favorecer la metacognición.
Secuencia 2		
1. Realizar diversos experimentos de oxidación que permitan reconocer los factores que la favorecen.	Llevar a cabo experimentos para poder construir posteriormente modelos materiales prototipos derivados de ellos.	Para acelerar el proceso de oxidación se puede agregar agua oxigenada concentrada (al 30%) a un vaso de precipitados, o bien meter la fibra en un dispositivo en el que esté continuamente en contacto con vapor de agua y aire. La determinación de la masa de la fibra metálica para lavar trastos (a la cual ya se le ha quitado el jabón) antes de la reacción permitirá reconocer que “algo” se agregó a la fibra cuando se corroe. Ocasionalmente se requieren más de 10 minutos para que la reacción sea observable y se pueda determinar un cambio de masa.
2. Probar la conductividad eléctrica de un objeto corroído y otro sin corroer.	Llevar a cabo pruebas experimentales para tener evidencia contra la que contrastar los modelos.	El experimento de conductividad eléctrica requiere trabajar con mucho cuidado. Si las terminales eléctricas tocan una parte del metal que no esté corroído desde luego se conducirá la corriente eléctrica. Primero hay que hacer la prueba (que resultará negativa) con la pieza corroída y posteriormente hay que lijarla hasta quitarle la apariencia rojiza.
3. Explicar el proceso de modelaje.	Recabar información experimental para tener evidencia contra la que contrastar los modelos. Expresar su modelo mental en un modelo material bidimensional.	Es importante hacer notar que el modelo debe de responder a los datos experimentales que están obteniendo. Es necesario insistir a los alumnos en que compartan el código de la representación en los modelos. Favorecer la metacognición.
Secuencia 3		
1. Reunir información y procesarla de manera común.	Tener experiencias con el objeto a modelar.	Hay que insistir en que todos los estudiantes del mismo grupo compartan las respuestas que dan; para ello es necesario que argumenten y den evidencia que sustente sus afirmaciones.

2. Reunir los resultados de todos los experimentos previos y del que se les muestra en una sola explicación. Compartir predicciones.	Tener experiencias con el objeto a modelar y reunir la información de manera que se pueda establecer más fácilmente una comparación. Enunciar predicciones.	Reunir la información facilita el trabajo de comparación del modelo didáctico contra la evidencia experimental. El profesor puede a su vez escribir en el pizarrón las diversas conclusiones para que todos los alumnos las compartan y validen. Compartir qué entienden por predicción y discutir la evidencia que se requiere para comprobarlas.
3. Construir un modelo material.	Elaborar un modelo mental. Expresar el modelo mental usando las formas de representación comunes en la química, es decir mediante el empleo de símbolos. Contrastar el modelo contra la evidencia experimental.	Como en todos los casos anteriores es importante establecer el código de representación (que ya ha sido construido históricamente por los químicos a lo largo de los últimos 200 años y que no es otra cosa que los símbolos a través de los cuales representamos una reacción química) y verificar que el modelo explica la evidencia, o al menos una parte de ella.
Secuencia 4		
1. Reunir toda la información que se ha obtenido a lo largo de las tres secuencias anteriores y dar una explicación por escrito, empleando ya sea un texto, dibujos, fórmulas o cualquier combinación de éstos.	Elaborar un modelo mental. Expresar el modelo mental, ya sea mediante dibujos y/o usando las formas de representación comunes en la química, es decir mediante el empleo de símbolos. Hacer predicciones de acuerdo con su modelo.	Esta última secuencia es para concluir y evaluar, de manera que es importante que las ideas queden lo más claras posible respetando, sin embargo, las diferentes formas a través de las cuales puedan ser expresadas por los alumnos.
2. Presentación del modelo científico a través de un diagrama de un libro de texto.	Hay que hacer notar a los alumnos la diferencia entre los modelos didácticos, construidos por ellos para explicar los fenómenos que les rodean, y los científicos, que generalmente explican más fenómenos. Lo anterior no quiere decir que los modelos didácticos 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. Es fundamental hacer notar que lo que se está aprendiendo es el proceso de modelar, que finalmente es el que realizan los científicos.	La comprensión de los diagramas no es trivial. Es importante asegurarse de que todos los alumnos los entienden de la misma manera.
3. Comparación de los modelos construidos con el científicamente aceptado.	Considerar el rango de validez y las limitaciones del modelo. Modificar/Rechazar el modelo mental y el material.	La evaluación también debe ser útil para aprender y reflexionar.
4. Indicar qué aprendiste con la unidad didáctica.	Reflexionar sobre todo el proceso de modelaje.	Metacognición, autoevaluación.



MODELOS Y MODELAJE SOBRE LA CORROSIÓN

Secuencia 1 ¿Qué es la corrosión?

NOMBRES _____

La oxidación es un cambio químico que cuando sucede en los metales al grado de “destruirlos” se conoce como corrosión. Todo cambio químico modifica las propiedades de la materia. Se dice que “deja de ser lo que era y se forma una nueva sustancia”.

- 1) Observen los tres objetos que tienen sobre sus mesas, manipúlenlos: huélanlos, intenten doblarlos, rásquenlos, etc. Una vez hecho lo anterior registren sus observaciones en la siguiente tabla contestando la pregunta que se les hace con base en su experiencia:

Objeto	Dibujen los objetos	¿A que debieron estar expuestos los objetos de metal para favorecer su corrosión?
Gancho de cortina		
Rondana		
Fibra metálica para lavar trastos		

¿En qué se parecen entre sí los objetos?

Expliquen cuál es la causa de la corrosión.

- 2) Suponiendo que tuvieran una súper vista y pudieran ver las partículas que forman estos objetos, elaboren un modelo material (en dos dimensiones, es decir un dibujo) de uno de los objetos antes y después de la corrosión.



Objeto antes de la corrosión	Objeto corroído

Nota: Es necesario que explique con palabras el significado de los códigos que empleen en sus dibujos.

- 3) Describan cada uno de los pasos que llevaron a cabo mentalmente para dibujar lo anterior:

Paso no.	En qué pensaron	Por qué lo pensaron



MODELOS Y MODELAJE SOBRE LA CORROSIÓN

Secuencia 2 ¿Qué se necesita para que un metal se corroa?

NOMBRES _____

INSTRUCCIONES: Lean con cuidado cada uno de los siguientes párrafos, anoten las respuestas en los espacios en blanco, observen los experimentos que realice su maestra-o y construyan los modelos en dos dimensiones que se les solicita. Cuentan con 50 minutos para terminar.

- 1) En la secuencia anterior trabajamos con metales que estaban corroídos. Pensando en las condiciones en que éstos se corroyeron trataremos de reproducir experimentalmente el fenómeno de diferentes formas.

Agua oxigenada	Vapor de agua y aire
Masa inicial de la fibra (g)	Masa inicial de la fibra (g)
Aspecto de la fibra	Aspecto de la fibra
¿Cómo creen que cambiará la masa de la fibra metálica después de que se exponga al agua oxigenada? Expliquen:	¿Cómo creen que cambiará la masa de la fibra metálica después de que se exponga al vapor de agua y aire? Expliquen:
Después de dejar la fibra entre 5 y 10 minutos sumergida en el agua oxigenada sáquenla del vaso de precipitados y séquenla con toallas absorbentes. Describan su aspecto físico:	Después de dejar la fibra entre 5 y 10 minutos expuesta al vapor e agua y al aire séquenla con toallas absorbentes. Describan su aspecto físico:
Masa final de la fibra (g)	Masa final de la fibra (g)
¿Sucedió lo que esperaban? Expliquen.	¿Sucedió lo que esperaban? Expliquen.

De los resultados de los experimentos anteriores, ¿qué se puede concluir respecto a la reacción de oxidación conocida como corrosión?

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



Objetos	Aspecto	¿Conduce electricidad en estado sólido?
Pieza de metal corroída		
Pieza de metal sin corroer		

¿Sucedió lo que esperaban?

¿Hay alguna diferencia entre las sustancias en cuanto a sus conductividades en estado sólido?

¿Cambiarían algo del modelo que construyeron en la secuencia anterior después de esta experiencia?, ¿por qué?



3) Construyan un modelo material de partículas en dos dimensiones que explique los resultados obtenidos en la actividad anterior.

Modelo que explica la no conductividad de la electricidad en una pieza de metal corroído

Nota: Es necesario que expliquen con palabras el significado de los códigos que empleen en sus dibujos.

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

¿Por qué?

¿Qué diferencias encuentran?

MODELOS Y MODELAJE SOBRE LA CORROSIÓN
Secuencia 3. Pongamos todo junto



NOMBRES _____

INSTRUCCIONES: Lean con cuidado cada uno de los párrafos siguientes, anoten las respuestas en los espacios en blanco y construyan el modelo que se les solicita. Cuentan con 50 minutos para terminar.

1 De acuerdo con los resultados de los experimentos realizados en la secuencia anterior y con su experiencia respondan las siguientes preguntas:

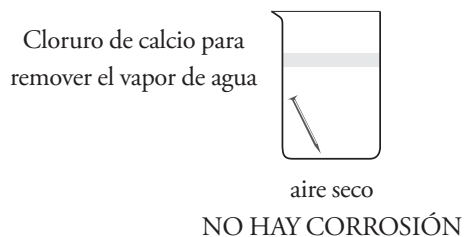
a) ¿Qué características cambiaron entre el metal “limpio” y el que ha sufrido el proceso de corrosión?

b) Si los metales que se encuentran a la intemperie sufren corrosión, ¿por qué los cables que conducen la corriente eléctrica no se oxidan?

c) ¿Por qué hay tantas casas, fábricas y tiendas que siguen usando puertas y rejas de hierro y no se oxidan?

d) ¿Qué se debe hacer para prevenir la corrosión en un metal que está a la intemperie?

2 Los siguientes dibujos (modelos materiales bidimensionales) representan cuatro experimentos usados para averiguar cuál de las condiciones son necesarias para que un clavo de hierro se oxide (lo cual será evidente por el color rojizo que tome).





De estos resultados se puede concluir que para que se presente la corrosión en un clavo (en términos generales la reacción de oxidación del mismo) se requiere de:

Con lo anterior acaban de hacer una predicción, es decir que siempre que se cumplan los requisitos que establecieron se llevará a cabo el proceso de corrosión. ¿Qué otros tipos de predicciones conocen?

3) Empleando los símbolos de los elementos químicos (que ya conocen), y que intervienen en la reacción de la oxidación de los metales (es decir, la corrosión), modelen con ellos lo que crean que sucedió en los casos en que ocurrió la corrosión.

Utilicen este modelo para explicar lo que pasó con la masa de la fibra en la secuencia anterior.

MODELOS Y MODELAJE SOBRE LA CORROSIÓN
Secuencia 4. Ventajas y limitaciones del modelo escolar comparado con el modelo científico



NOMBRES _____

A lo largo de esta unidad didáctica han observado diversos objetos metálicos, han realizado experimentos y construido varios modelos sobre la corrosión, es decir, han modelado.

- 1 Indiquen qué es lo que explican sus modelos, para ello pueden considerar los resultados de los experimentos que se realizaron y qué predicciones se pueden establecer.

Ahora bien, su modelo escolar tiene ventajas y limitaciones cuando se compara con el modelo construido y aceptado por la comunidad científica.

A continuación se presenta el modelo bidimensional aceptado por la comunidad científica. Révisenlo con cuidado y completen el cuadro que aparece al final.

Una sustancia se oxida cuando:

- a) se combina con oxígeno y flúor
- b) se eliminan átomos de hidrógeno
- c) pierde electrones.

Una sustancia se reduce cuando:

- a) se combina con hidrógeno
- b) se elimina oxígeno o flúor
- c) gana electrones.

Los agentes oxidantes se reducen ellos mismos porque oxidan a otros. Los agentes reductores se oxidan ellos mismos porque reducen a otros.

La corrosión es una reacción química de oxidación en la que los metales se oxidan (combinándose con el oxígeno del aire), por lo que aumentan su masa. El oxígeno del aire actúa como agente oxidante (de los metales, formando óxidos metálicos) reduciéndose él mismo.



2 Expliquen con sus propias palabras el proceso de corrosión de acuerdo con el modelo científico:

3 Escriban las semejanzas y las diferencias que en su opinión son químicamente importantes entre ambos modelos: el modelo escolar, que es el que ustedes construyeron, y el científico.

Semejanzas	Diferencias

4 Indiquen a continuación qué aprendieron con esta unidad didáctica.

Comentarios finales

Lo que todos aprendimos de la experiencia:

- 1 El proceso de formación de profesores seguido durante este proyecto da cuenta de la forma en la que profesores e investigadores pueden trabajar de manera conjunta, haciendo más estrecha la relación entre la investigación educativa y la práctica docente. Las actividades que se presentan en este libro son producto de un esfuerzo colectivo y dan testimonio de la posibilidad de trabajar y de reflexionar en un grupo diverso cuando se tienen objetivos comunes. Aquí se hace notar la relevancia del proceso de formación (en un seminario y en sucesivas discusiones grupales), cuando éste puede ponerse en práctica, logrando que no sea para los profesores una experiencia más en la que conocieron una metodología nueva, sino que le dieron sentido, la cuestionaron y la llevaron a cabo en condiciones “normales” de aula, mostrando que es posible enriquecer y transformar la práctica a partir de la reflexión y el trabajo conjunto.
- 2 Durante este proyecto el conocimiento de los profesores respecto a los Modelos y el Modelaje, así como el conocimiento de los investigadores respecto a la forma en la que este enfoque puede utilizarse en las aulas se han consolidado desde la práctica, lo cual provee oportunidades de transformación de lo que ocurre en las aulas y por lo tanto del aprendizaje de los estudiantes.
- 3 Un logro adicional a los ya mencionados se deriva de la gran convivencia académica y social que conlleva un proyecto colaborativo de este tipo. Las parejas de profesores estuvieron muy cercanas en el proceso de construcción de la estrategia y fueron aprendiendo juntas a reconocer lo más importante de lo trivial y a diseñar más por ellas mismas más que a copiar las ideas de otros. En este aspecto, el logro fue superior a lo esperado y nos da mucho gusto haber participado en este proyecto.
- 4 Sabemos que este trabajo no termina aquí, éste es sólo el comienzo ya que falta mucho por hacer en lo que se refiere al uso de Modelos y Modelaje en la enseñanza de la Química, y en general de las ciencias. Este trabajo nos hizo reflexionar, explorar nuestras posibilidades, reconocer nuestras limitaciones y explotar al máximo nuestras capacidades, y es nuestro deber y responsabilidad, como profesores de adolescentes, continuar en la búsqueda de alternativas de aplicación en nuestras aulas.

Bibliografía básica comentada

Chamizo J.A.,
“Filosofía de la química: I. Sobre el método y los modelos”
Educación química (2009), 20, 6-11

Identificando las dificultades que se han tenido para sostener la existencia de un único y universal método científico se reconoce que la química tiene su propia forma de adquirir conocimiento y ésta se encuentra caracterizada por el análisis y la síntesis. Lo anterior permite entender el crecimiento exponencial del conocimiento químico en los últimos años, prácticamente mayor que el de todas las otras disciplinas juntas. Ambas actividades, el análisis y la síntesis, pueden interpretarse como modelos.

Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A.,
“Modelos y Analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de Modelo Didáctico Analógico”
Enseñanza de las ciencias (2001), 19, 231-242

En este artículo se examinan los modelos científicos a través de una perspectiva representacional y lingüística. Algunos modelos didácticos se consideran como simplificaciones sin procesar de los modelos científicos originales, traídos críticamente al salón de clase. Finalmente, se define y ejemplifica el concepto del modelo analógico didáctico.

M. Izquierdo,
“Aspectos epistemológicos en la enseñanza de la ciencia”
en Perales F.J. y Cañal P. (eds.) *Didáctica de las ciencias experimentales*
Editorial Marfil, Alcoy, 2000.
Una versión electrónica se encuentra en:

Chamizo J.A. (comp.), *La esencia de la química. Reflexiones sobre filosofía y educación*. <http://depa.pquim.unam.mx/SHFQ>

Aquí se presenta una reflexión sobre la importancia de la epistemología, esa parte de la filosofía que investiga sobre cómo sabemos, en los procesos de aprendizaje de las ciencias naturales, particularmente de la química. Se hace notar la importancia de los modelos en dicho proceso y se rescata el concepto de ciencia escolar.

M. Izquierdo, A. Caamaño, M. Quintanilla,
Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelar
Universitat Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallès, 2007.

Se reúnen en este volumen diversas ponencias sobre investigación en la enseñanza de la química. La mayoría de ellas han sido presentadas en el seminario de investigación sobre la enseñanza de la química “Nuevos horizontes: contextualizar y modelar”, que se llevó a cabo en abril de 2003 y sólo una de ellas ha sido el resultado de un proyecto de cooperación entre la Universitat Autònoma de Barcelona y la Pontificia Universidad Católica de Santiago de Chile, en el cual se hicieron propuestas de formación del profesorado de química según este mismo enfoque.

Justi, R.,
“La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos”
Enseñanza de las ciencias (2006), 24, 173-184

Se discute una propuesta para planificar la enseñanza de ciencias y la puesta en práctica de actividades orientadas a disminuir el

énfasis que se ha venido poniendo en la transmisión de conocimientos. En esta propuesta se trata de que los alumnos estén en disposición de comprender los modelos científicos (así como la naturaleza de la ciencia y sus formas de pensamiento asociados) y que a la vez sean capaces de manejar con sentido crítico situaciones relacionadas con las ciencias. Esta propuesta surge de la constatación de que para elaborar estrategias de enseñanza se necesita tomar en consideración a la vez aspectos de diferente naturaleza, así como un modelo cognitivo de la ciencia que se fundamente en la construcción de modelos.

V. Kind

Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química

Facultad de Química-UNAM-Santillana, México, 2004.

Este libro es la traducción y actualización del publicado por la *Royal Society of Chemistry* a principios del milenio. En él se abordan no sólo las ideas previas de los adolescentes sobre diversos

temas de química, asunto fundamental para iniciar los procesos de construcción de modelos, sino también algunas propuestas de cómo transformarlos.

A. López Austin (coord.)

El modelo en la ciencia y la cultura

Cuadernos del Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos Siglo XXI-UNAM, México, 2005.

El lector encontrará aquí una propuesta sobre la noción y el uso de los modelos científicos, una visión global de las principales discusiones filosóficas sobre el tema, un estudio sobre la aplicación de los modelos a las ciencias experimentales, la explicación de una clase de modelos que se dieron al margen del ámbito científico y el enfoque histórico de la construcción del modelo y del sujeto científico en la primera mitad del siglo XIX.

Otros libros y artículos relacionados con este tema y escritos en castellano se encuentran en la sección de *Archivos* en la página web www.modelosymodelajecientifico.com

Los autores

Rosa María Catalá Rodés. (Colegio Madrid A.C.). Estudié química y la maestría en química inorgánica hace ya algunos años. Suficientes como para haberme dado cuenta, tras cinco de trabajar en la industria, que lo que a mi me gustaba era enseñar lo que había aprendido, particularmente la parte experimental. Por eso más de 15 años fui maestra de laboratorio. Lo que más me satisface es ver que cuanto más se aprende sobre cómo se aprende, mejor se enseña. Durante los años que me quedan de maestra pienso seguir disfrutando de este proceso, cada vez más enriquecedor y entrañable.

José Antonio Chamizo Guerrero. (UNAM). Estudié la licenciatura y la maestría en química en la Facultad de Química de la UNAM y posteriormente hice un doctorado en química organometálica en la University of Sussex, en Inglaterra. Soy profesor de la Facultad de Química de la UNAM desde 1976 cuando ya lo era del bachillerato. Desde entonces he dado diversas clases de química, tanto teóricas como experimentales, a alumnos que van desde la secundaria hasta el doctorado.

Georgina Díaz Vázquez. (Colegio de la Ciudad de México, Campus Polanco). Estudié la carrera de Químico Farmacéutico Biólogo en la especialidad de farmacia en la UNAM. Desde 1994 “caí” en la docencia gracias al “error del 94”. Afortunadamente desde esa fecha encontré un trabajo en el que me pagan por hacer lo que me gusta: ser docente en la secundaria.

Alejandra García Franco. Estudié la licenciatura de Ingeniería Química en la Facultad de Química de la UNAM. Después de un breve periodo en la industria y de otro dedicado enteramente a la docencia en la secundaria y el bachillerato, decidí estudiar la maestría y el doctorado en Pedagogía, en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, lo cual me ha permitido desarrollarme como investigadora en el área de educación en ciencias.

María Candelaria López Rosales (Escuela Telesecundaria 32, SEP). Soy psicóloga de profesión y maestra por formación en las aulas de secundaria abierta, secundarias y preparatorias particulares y desde hace 22 años en la telesecundaria 32 en la ciudad de México. Me he preocupado por aprender cómo enseñar ciencias para mejorar mi trabajo como profesora única ante mi grupo y aquí encontré la respuesta.

Mariana Muñoz Galván. (Plantel Ignacio Altamirano, IEMS, D.F.). Soy profesora de química a nivel medio superior en el Instituto de Educación Media Superior del gobierno del Distrito Federal. Actualmente curso la maestría para la educación media superior (MADEMS) en la UNAM, en el área de química. Me gusta muchísimo dar clases y desarrollar estrategias que motiven y faciliten la comprensión de la química.

Rafael Rangel Rangel. (Escuela Secundaria para Trabajadores 45, SEP). Estudié la carrera de Ingeniero Químico Industrial en el Instituto Politécnico Nacional de donde egresé hace poco más de 25 años. Desde entonces me he dedicado a la docencia de la química en la secundaria y un poco más recientemente en el bachillerato. De mi trabajo docente con adultos rescato la enorme diferencia que se presenta entre las diversas generaciones y que obliga al profesor a estar muy atento y sensible.

Alicia Rodríguez Hernández. (Escuela Secundaria Diurna 8, SEP). Estudié la carrera de Ingeniería Química en la UNAM y durante mis años de experiencia docente me he preocupado por prepararme y actualizarme tomando diferentes cursos y diplomados. Durante los últimos 22 años de mi vida he sido maestra de secundaria con niñas cuyas edades oscilan entre 12 y 15 años en las asignaturas de química y física. Trabajar con adolescentes en la materia que imparto me ha traído retos y satisfacciones que han determinado mi forma de ser, de vivir y de ver el mundo.