



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



MADEMS
Maestría en Docencia para la
Educación Media Superior

Facultad de Química

**“ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO MULTIMEDIA
PARA EL TEMA DE ENLACE QUÍMICO”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN DOCENCIA PARA EL
NIVEL MEDIO SUPERIOR**

PRESENTA

Q. LILIA ESTHER GASCA PINEDA

TUTOR

DR. JESÚS GRACIA MORA



FACULTAD DE QUÍMICA 2008

MÉXICO, D.F



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A la Facultad de Química

A la Escuela Nacional Preparatoria

Paty y Martín, amigos, sin ustedes esto no hubiera sido posible

Kenia, gracias por tu compañía y amistad

A todos mis compañeros de generación

A todos mis profesores de la Maestría por ser ejemplos a seguir

Mamá, mil gracias por todo el apoyo que me diste, este logro es tuyo también. Te quiero.

Papá, gracias por inculcarme la dedicación al trabajo. Te quiero.

Jaime, hermano, eres un ejemplo a seguir para mí. Te quiero.

Al Doctor Andoni Garritz, que ha sido un gran maestro, el mejor. Mi agradecimiento, respeto y cariño. Fue un privilegio ser su alumna.

Al Doctor Jesús Gracia Mora, gracias por ser tan generoso y por haber sido mi tutor.

Al Q.M. Miguel García Guerrero, gracias por compartir sus conocimientos y por su apoyo.

A la I.Q. Iliana Zaldivar Coria, mil gracias por todo querida amiga.

Luis, esposo, amigo y compañero, mil gracias por tu amor incondicional y tu gran capacidad de dar. Te amo.

Luisa Fernanda, pequeña, eres el sentido de mi vida.

“ELABORACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO MULTIMEDIA PARA EL TEMA DE ENLACE QUÍMICO”

ÍNDICE

Resumen	2
Objetivos	4
Introducción	5
Planteamiento del problema	9
Hipótesis de trabajo	24
Capítulo 1 Fundamento teórico	25
1.1 El proceso enseñanza – aprendizaje.	25
1.2 Aprendizaje con materiales multimedia.	32
1.3 El <i>software</i> y su aplicación en la educación.	41
1.4 El <i>software</i> educativo en la visión constructivista.	47
1.5 Experiencias anteriores con <i>software</i> educativo.	49
Capítulo 2 Elaboración del <i>software</i> educativo para Química en el bachillerato	52
2.1 Descripción de los temas incluidos en el <i>software</i> educativo.	53
2.2 Revisión en Internet sobre el tema de enlaces.	63
2.3 Elaboración de la página.	70
2.4 <i>Softwares</i> empleados en la construcción del sitio y requisitos del sistema.	90
2.5 Evaluación de la página.	92
Capítulo 3 Fundamento químico	114
3.1 Modelo de enlace iónico	116
3.2 Modelo de enlace covalente	123
Alcances y limitaciones	133
Conclusiones	135
Bibliografía	137

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo elaborar un material didáctico que apoye a los estudiantes de bachillerato en el complejo tema del enlace químico. Para este caso se tomó en cuenta únicamente a los modelos de enlace covalente y de enlace iónico.

El material didáctico elaborado es una página web, la cual se localiza en la URL <http://depa.pquim.unam.mx/quimicall>; la idea de colocar el material en la Internet, de forma libre es que estuviera al alcance de cualquier persona interesada en el instante que se requiera.

En todo momento se buscó que la información estuviera en forma de explicaciones cortas y simples, con apoyos como imágenes y animaciones con la finalidad de auxiliar al estudiante en la comprensión de los temas que se presentan; así también se colocó un glosario en el cual se brindan al estudiante pequeñas explicaciones sobre conceptos complementarios a los temas centrales, y que puede ser utilizado en la misma pantalla donde se encuentra el usuario.

Se decidió realizar este material con apoyo de la computadora para tener la posibilidad de presentar audio y video de manera simultánea, mostrar animaciones que permitan hacer representaciones de modelos para facilitar su comprensión, entre otras. Esto es, realizar un material con diversos elementos mediáticos agrupados, con la búsqueda de un beneficio para la comprensión del estudiante.

Además al tener el material en línea, fue posible agregar a la página algunas herramientas útiles como: vínculos a otras páginas sobre la Química, a los programas de las asignaturas de Química de la Escuela Nacional Preparatoria, a un foro de discusión, y a un centro de administración de documentos en línea, todo pensado en función de los estudiantes de bachillerato, que estudian alguna asignatura del área de la Química en general y de manera particular en el difícil pero apasionante tema de los enlaces químicos.

En la página elaborada al tratar el modelo de enlace iónico se busca que el alumno conozca este modelo y lo identifique a través de la existencia de iones, de la naturaleza multidireccional del enlace; también se quiere evitar generar ideas alternativas como la ionización como antecedente obligado del enlace iónico o la existencia de moléculas en compuestos iónicos; de igual manera se busca que el alumno conozca algunas características de los compuestos iónicos, que tenga noción de lo que es un cristal iónico.

En la página el modelo de enlace covalente fue desarrollado para que el estudiante conociera este modelo a través de la noción de electrones compartidos, favoreciendo la idea de enlaces direccionales con electrones móviles. También se buscó evitar la generación de ideas alternativas como la de que un enlace covalente polar está formado por aniones y/o cationes o bien, que existe ganancia o pérdida de electrones. Finalmente, entre otros objetivos también se buscó que los estudiantes tuvieran un panorama general de las características de los compuestos con este tipo de enlace.

Además de las explicaciones sobre los modelos fue un objetivo contemplado que el alumno tuviera información adicional relacionada con los temas específicos de la página web, como es una explicación acerca de la ruptura de cristales o bien definiciones complementarias, como la de electronegatividad, etc.

La página fue elaborada pensando en un manejo sencillo y fácil, procurando que el usuario centre su atención en la información contenida en la página y no en un manejo complicado de la misma.

Se realizó también una breve evaluación del material elaborado con la finalidad de conocer el funcionamiento de la página con alumnos de bachillerato, de esta evaluación se obtuvieron resultados favorables para el material que se presenta.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un *software* educativo que sirva de apoyo para la comprensión del enlace químico a través de los modelos de enlace covalente polar, enlace covalente no polar y enlace iónico, especialmente para los alumnos de nivel bachillerato. El sitio Web está disponible en la URL: <http://depa.pquim.unam.mx/quimicall>

OBJETIVOS PARTICULARES

- Hacer una revisión bibliográfica acerca de la utilidad de los multimedia en la enseñanza y en particular de las ciencias y más en específico de la química.
- Con base en la revisión bibliográfica, establecer los parámetros y factores más importantes que permitan diseñar un multimedia como material de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje que sea eficiente en este proceso.
- Que dicho material multimedia posea los factores y características necesarios para que apoyen al estudiante en algunos conceptos abstractos relacionados con el enlace químico, auxiliándolo en la comprensión de los mismos.
- Que sea de utilidad a los alumnos y profesores de Química en el nivel medio superior en el tema de enlace químico.
- Que se encuentre en la Internet para estar al alcance de todos los alumnos, sin costo alguno, evitando problemas de horario y de traslado. Ya que será un *software* libre y por encontrarse en la red podrá ser consultado en cualquier momento y desde cualquier lugar, sin problemas de abasto de material.
- Realizar una evaluación de dicho material para verificar su utilidad.

INTRODUCCIÓN

Es innegable que esta sociedad es la sociedad de la información, del acceso a los datos y a los hechos de manera instantánea. Actualmente en pleno siglo XXI, se puede observar cómo la vida cotidiana se ha visto modificada por la tecnología, desde el teléfono, radio, televisión, hasta el fax, comunicación celular, computadoras e Internet, llegando a un punto en el cual esta inclusión ha terminado por hacer indispensables cada una de estas nuevas herramientas. Como parte de la sociedad, las escuelas no quedan ajenas a este fenómeno mundial y actualmente los estudiantes al utilizar estas herramientas, se benefician de ellas. Ya existe una evidencia del creciente interés mundial hacia una convivencia armoniosa entre: las computadoras, las telecomunicaciones, el gis y el pizarrón. Es importante recalcar el potencial educativo de los nuevos medios de comunicación, porque al aprovechar estos medios de aprendizaje se puede obtener una educación de calidad ya que se agregan herramientas que pueden favorecer el aprendizaje, como son modelos tridimensionales (que favorecen la comprensión de conceptos como átomos o moléculas), animaciones que permiten observar fenómenos complejos o no observables a simple vista, programas que permiten al alumno repetir explicaciones las veces que se requiera, entre otros muchos, con el agregado de que todo esto se logra en medio de un ambiente de gusto y placer por aprender, utilizando para ello un instrumento actual: la computadora, la cual brinda grandes ventajas como son la capacidad de comunicar a varias personas a la vez en un mismo momento, ya sea con comunicación abierta entre ellas o bien, en video conferencias, cursos a distancia, etc., donde esta comunicación incluye desde pequeños saludos o pláticas casuales hasta el intercambio de grandes cantidades de información, ya sea a través de audio, video, textos, o porque no, todas las combinaciones posibles, dejando de lado problemas de distancias, tiempos o distribución de material.

Al incorporar la computadora a los materiales didácticos, se convierte en una herramienta de muy grandes alcances al ser utilizada dentro de una planeación de actividades. Una vez que se han determinado las necesidades que serán cubiertas por el material multimedia los educadores tienen dos opciones: el uso de *software* ya hecho (que en ocasiones es costoso) o bien la elaboración personal de materiales. Así, el material que aquí se presenta, pretende apoyar el tema de enlaces para el nivel bachillerato, esperando que dicho material sea de utilidad para otros profesores y para los alumnos, ya que se encontrará en Internet, como un *software* libre.

La utilidad del *software* y específicamente del *software* multimedia (“multimedia puede definirse como la integración de múltiples elementos mediáticos (audio, video, gráficas, texto, animaciones, etc.) en un total sinérgico y simbiótico que se traduce en un gran beneficio para el usuario final que ningún elemento mediático podría dar de manera individual”, definición de Mishra y Sharma (2004) tiene un énfasis especial dentro del entorno de la enseñanza de las ciencias y en especial de la química ya que en este ámbito se presentan algunos problemas adicionales a la enseñanza de los conceptos curriculares. Uno de estos problemas es el indicado por Kelter (1991) que menciona las diversas ideas desfavorables de la Química, que propician un desinterés hacia el estudio de esa ciencia. Además de lo anterior, otros autores como Barnea y Dori (1996) y Furió (2006) señalan que existen otros problemas, como inseguridad de los alumnos al momento de ser evaluados o bien, deficiencias en los métodos de enseñanza, lo que repercute en el aprendizaje de los estudiantes. Lo anterior puede ser un factor que contribuye a un bajo interés de los alumnos por las asignaturas de Química en el bachillerato y por estudiar carreras del campo de la Química de lo cual se puede dejar constancia al señalar que alrededor del 5% de los alumnos que ingresan a las licenciaturas de la U.N.A.M. tienen interés en estudiar alguna carrera del área de la Química (ANUIES) siendo que ese porcentaje era alrededor de 9% hacia 1970 o 1975.

Además, de lo ya mencionado los docentes se enfrentan a un programa cargado de conceptos, que deben ser abordados de manera eficiente, buscando que el alumno comprenda y aprenda; pero, con la premura del tiempo, el profesor debe decidir entre abordar superficialmente todos los temas o bien escoger los “más importantes”, con lo cual las relaciones ciencia-tecnología y sociedad son dejadas en muchas ocasiones de lado. Así, cuando un material colabora en la enseñanza de los aspectos conceptuales de la Química puede ayudar a hacer eficiente el tiempo de enseñanza, que es otra de las razones por la que fue creado este sitio para Internet. Aunado a los problemas ya indicados, Lledó y Cañal señalan que “*las investigaciones centradas en los medios y materiales didácticos no se han desarrollado, a nuestro entender, con la frecuencia e intensidad que habría sido menester*”. Con lo que se suma un problema más, la falta de investigación en materiales didácticos también indicado por García Franco y Garritz (2006).

Seguramente existen diversas soluciones a las situaciones planteadas, una de ellas es el motivo del presente trabajo: la elaboración de un *software* educativo que sirva como apoyo a las clases de Química en el bachillerato, especialmente en un tema central: el enlace químico; con esto se pretende hacer más accesible el conocimiento de la Química, a través de un material

didáctico que colabore a que el alumno aprenda de una manera sencilla y agradable, que haga uso de dos herramientas, la computadora y el Internet, siguiendo en todo momento los principios multimedia señalados por Mayer (2001) y otros autores. Estos principios incluyen el principio de multimedia, de modalidad, de redundancia, de coherencia, de contigüidad, entre otros. Dichos principios son enumerados y explicados en la sección 1.2 Aprendizaje con materiales multimedia.

Así, justamente esta tesis es la elaboración de un *software* educativo multimedia que colabore en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Química en el nivel bachillerato; el *software* consta del tema de enlace químico, en sus modelos iónico y covalente; los cuales fueron desarrollados con definiciones sencillas y explicaciones interactivas, utilizando para ello diferentes recursos como animaciones y películas. Además, de las animaciones se cuenta con una explicación hablada o escrita, lo que permite que el usuario lea o escuche las explicaciones, con lo que se espera que se favorezca el aprendizaje. Así también se cuenta con ligas a diversas páginas con información relacionada o que se considera útil para el usuario. En el *software* se buscó que se cubrieran diversas funciones educativas, entre ellas:

Informativa. El programa presenta diversas definiciones sencillas y claras.

Instructiva. Se espera que el *software* colabore en la comprensión de los modelos de enlace que se presentan. Esto se pretende lograr a través de explicaciones sencillas apoyadas con audio e imágenes.

Motivadora. Se planeó con la intención de que capte la atención del alumno al presentarle los temas de una manera amena y clara.

Antes de determinar las funciones a desempeñar del *software* se definió el tema a desarrollar en el sitio web, esto es, el enlace químico, el cual se limitó al modelo de enlace iónico y al modelo de enlace covalente, tratando de dar una explicación clara a cada uno, pero tocando también algunos temas muy relacionados como son electronegatividad, características de las sustancias, etc.

Dentro del tema de enlace se busca que el alumno tenga una idea de lo que es un modelo en ciencias naturales y partir de ahí para explicar que el enlace químico se representa a través de modelos, de los cuales se presentan en la página únicamente los del enlace covalente y del enlace iónico.

El sitio WEB al tratar el modelo de enlace iónico se busca:

- No plantear la idea de la ionización, como previa a la presentación del enlace iónico (Taber, 1994)
- Evitar la idea de la existencia de moléculas discretas en los compuestos iónicos (Taber, 1997)
- Explicar la naturaleza multidireccional del enlace iónico.
- Dar una noción de acerca de la red cristalina en este tipo de compuestos.
- Cómo influye el tipo de interacciones presentes en un cristal iónico para la ruptura del cristal.
- Señalar algunas de las características de los compuestos con enlace iónico.
- Evitar la idea de que una sustancia cristalina implica un compuesto iónico.
- Fomentar en el alumno la idea de que los compuestos iónicos son cristalinos, sin que se genere la idea de que es una característica exclusiva de ellos, esto es que también existen cristales de compuestos no iónicos.

Dentro del modelo de enlace covalente se pretende cubrir los siguientes objetivos:

- Dar la noción de electrones compartidos entre los átomos que forman el enlace.
- Se trata de evitar la idea de ganancia y pérdida de electrones.
- Evitar la idea de que los electrones del enlace se encuentran fijos y al mismo tiempo favorecer la idea de electrones móviles.
- Evitar la idea de que un enlace covalente polar está formado por aniones y/o cationes.
- Dar un panorama general de las características de los compuestos covalentes.

El sitio WEB fue elaborado pensando en un manejo sencillo y fácil, evitando complicaciones innecesarias, con la finalidad de que el usuario tenga su atención en el contenido de la página y no en su funcionamiento, tal como lo menciona Gamboa (2007) “sin percatarnos nos hemos alejado del “*qué*” queremos presentar, con qué objetivo y en qué contexto, para concentrarnos en el “*cómo*” lo queremos presentar.” Esto es, la funcionalidad de un sitio WEB o *software* debe centrarse en el mensaje a comunicar y no el funcionamiento de la misma.

Así, se presentan animaciones, imágenes, explicaciones, definiciones, vínculos a otras páginas sobre el mismo tema, pero también a páginas con otros contenidos de Química, programas de estudio, foro de discusión, documentos con ejercicios y lecturas del curso de Química de la autora, etc., todo pensando en apoyar a los estudiantes de bachillerato en el difícil tema de los enlaces químicos.

Y finalmente con la evaluación realizada se buscó concluir si se cumplieron los objetivos expuestos en los párrafos anteriores.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

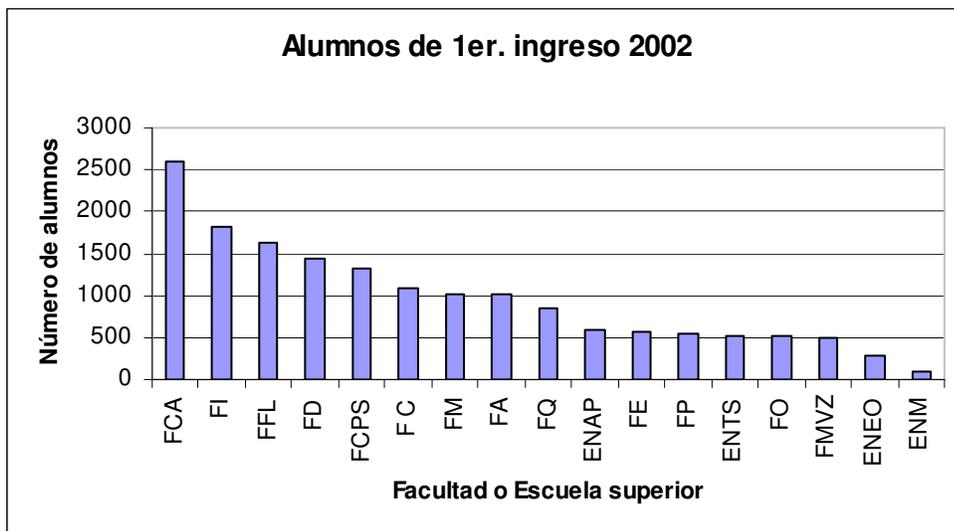
Ya Kelter (1991) mencionaba el problema de las ideas en contra de la Química que tienen los estudiantes, entre ellas: la creencia que la ciencia debe ser difícil y aburrida, sin mucho futuro como carrera a estudiar, culpable de la contaminación, las armas nucleares, enfermedades (Kelter, 1991) y por el contrario no se publicitan las contribuciones a la humanidad, ni la utilidad en la vida cotidiana. Aunado a lo anterior se tienen los problemas inherentes al aprendizaje de la asignatura (Gabel, 1999). En el mismo sentido Furió (2006) indica que “los propios estudiantes señalan como principales causantes de su actitud desfavorable, de su desinterés hacia la ciencia y su aprendizaje, a la enseñanza de una ciencia descontextualizada de la sociedad y de su entorno, poco útil y sin temas de actualidad, junto a otros factores como los métodos de enseñanza de los profesores, métodos que califican de aburridos y poco participativos, la escasez de prácticas y, especialmente, a la falta de confianza en el éxito cuando son evaluados.” Como se comentó anteriormente Furió (2006) menciona que los estudiantes refieren que los problemas en el aprendizaje de la ciencia son debidos a diversas circunstancias, entre ellas, que se les presenta una ciencia sin relación con la sociedad, en ocasiones anacrónica, la desesperanza de una evaluación exitosa, así como los aburridos métodos de enseñanza.

Cabe señalar que Mayer (2004) escribe que para lograr el aprendizaje de la ciencia, los alumnos deben poseer modelos mentales adecuados para explicar los fenómenos que se les presenten, siendo aquí donde el uso de la computadora para la enseñanza juega un papel importante ya que puede participar fomentando en el alumno un conflicto con su modelo mental (Coll y Treagust, 2001) actual y percatarse de que no da una explicación adecuada, sin embargo el empleo de computadora va más allá, también puede ser empleada para ayudar al estudiante en la formulación de un modelo más adecuado; como por ejemplo al agregar una imagen o un modelo animado con narración se auxilia a los estudiantes a comprender cómo trabajan varios sistemas, como es el caso de frenos, bombas, pulmones y los relámpagos. Otros ejemplos son el aprendizaje de las leyes de Newton con el apoyo del micro mundo “ThinkerTools”, con el cual los estudiantes fueron capaces de elaborar modelos mentales adecuados para dichas leyes.

La problemática planteada anteriormente puede ser un factor que contribuya a un bajo interés de los alumnos por las asignaturas de Química en el bachillerato (Gasca, 98) y por estudiar carreras del campo de la Química, lo que se puede observar en las siguientes gráficas que muestran el número de alumnos de primer ingreso para cada facultad o escuela de estudios superiores de la U.N.A.M. durante los años 2002, 2003, 2004 (ANUIES), en estas gráficas no se

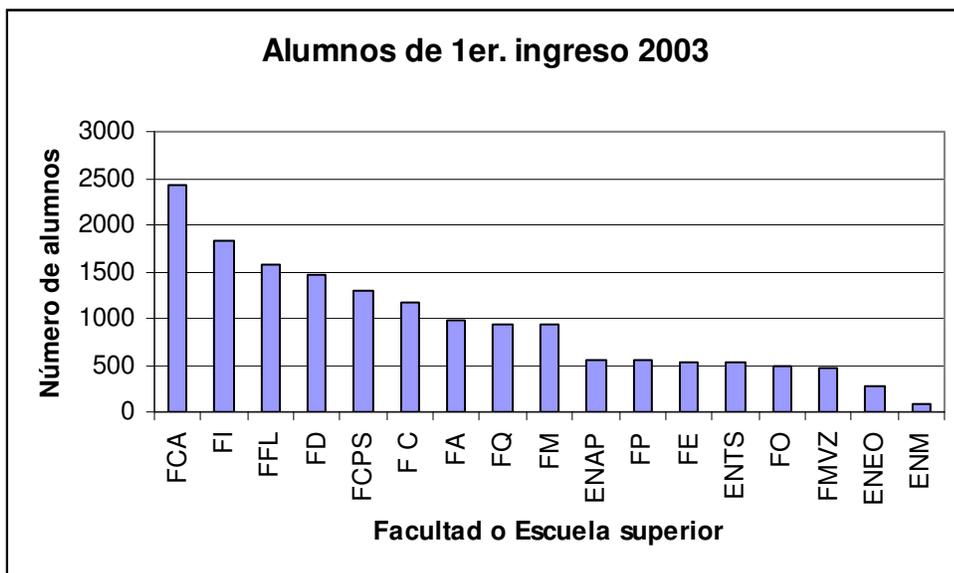
contabilizaron a los alumnos de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, Aragón, Cuatitlán, Iztacala y Zaragoza.

Gráfica 1



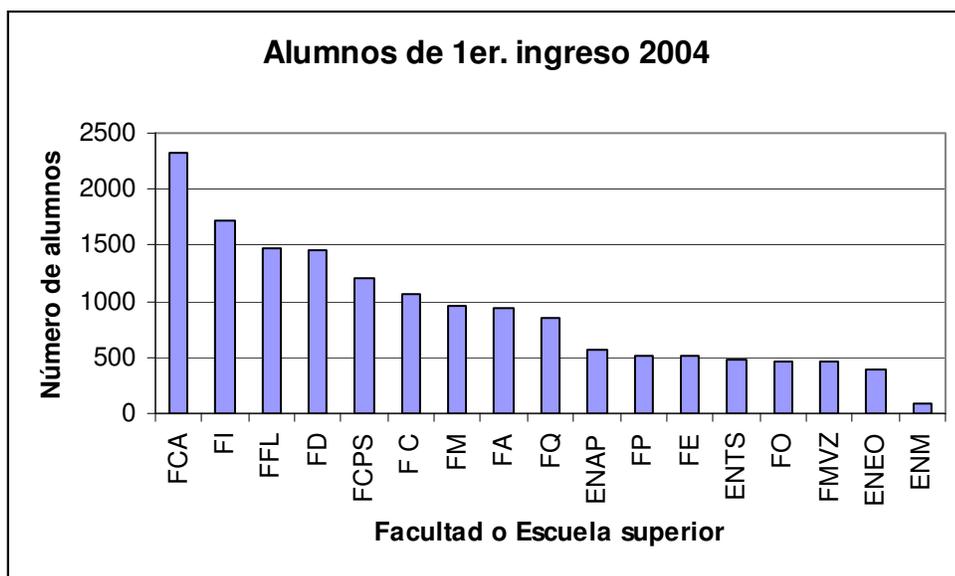
FCA Facultad de Contaduría y Administración, FI Facultad de Ingeniería, FFL Facultad de Filosofía y Letras, FD Facultad de Derecho, FCPS Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, FC Facultad de Ciencias, FM Facultad de Medicina, FA Facultad de Arquitectura, FQ Facultad de Química, ENAP Escuela Nacional de Artes Plásticas, FE Facultad de Economía, FP Facultad de Psicología, ENTS Escuela Nacional de Trabajo Social, FO Facultad de Odontología, FMVZ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ENEO Escuela Nacional de Enfermería y Obstetricia, ENM Escuela Nacional de Música.

Gráfica 2



FCA Facultad de Contaduría y Administración, FI Facultad de Ingeniería, FFL Facultad de Filosofía y Letras, FD Facultad de Derecho, FCPS Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, FC Facultad de Ciencias, FM Facultad de Medicina, FA Facultad de Arquitectura, FQ Facultad de Química, ENAP Escuela Nacional de Artes Plásticas, FE Facultad de Economía, FP Facultad de Psicología, ENTS Escuela Nacional de Trabajo Social, FO Facultad de Odontología, FMVZ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ENEO Escuela Nacional de Enfermería y Obstetricia, ENM Escuela Nacional de Música.

Gráfica 3



FCA Facultad de Contaduría y Administración, FI Facultad de Ingeniería, FFL Facultad de Filosofía y Letras, FD Facultad de Derecho, FCPS Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, FC Facultad de Ciencias, FM Facultad de Medicina, FA Facultad de Arquitectura, FQ Facultad de Química, ENAP Escuela Nacional de Artes Plásticas, FE Facultad de Economía, FP Facultad de Psicología, ENTS Escuela Nacional de Trabajo Social, FO Facultad de Odontología, FMVZ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ENEO Escuela Nacional de Enfermería y Obstetricia, ENM Escuela Nacional de Música.

Como se observa en las gráficas, la facultad de Química cuenta con número de alumnos inferior a muchas otras facultades, inclusive a facultades como la de Contaduría y Administración, que ofrece únicamente tres carreras o bien la facultad de Derecho que cuenta con una sola opción de licenciatura, siendo que en la facultad de Química se ofrecen 5 carreras. Para ilustrar un poco más estos datos numéricos, presentamos la siguiente tabla:

Tabla 1

	Número total de alumnos que ingresaron a la U.N.A.M. en ese año.	Número de alumnos que ingresaron a la Facultad de Química en ese año.	
		Número de alumnos	Porcentaje del total
2002	18102	842	4.65
2003	17891	939	5.25
2004	17241	859	4.98

En seguida se encuentra una tabla con algunos números más, donde se muestran los alumnos que ingresan a la Facultad de Química, a la Facultad de Administración y Contaduría (con el mayor número de ingreso de estudiantes) y a la Facultad de Derecho, que posee únicamente 1 carrera.

Tabla 2

	Número total de alumnos que ingresaron a la U.N.A.M. en ese año.*	Número y porcentaje de alumnos que ingresaron a la Facultad de Química*		Número y porcentaje de alumnos que ingresaron a la Facultad de Contaduría y Admon.*		Número y porcentaje de alumnos que ingresaron a la Facultad de Derecho*	
2002	18102	842	4.65%	2590	14.31%	1452	8.02%
2003	17891	939	5.24%	2434	13.60%	1478	8.26%
2004	17241	859	4.98%	2322	13.47%	1461	8.47%

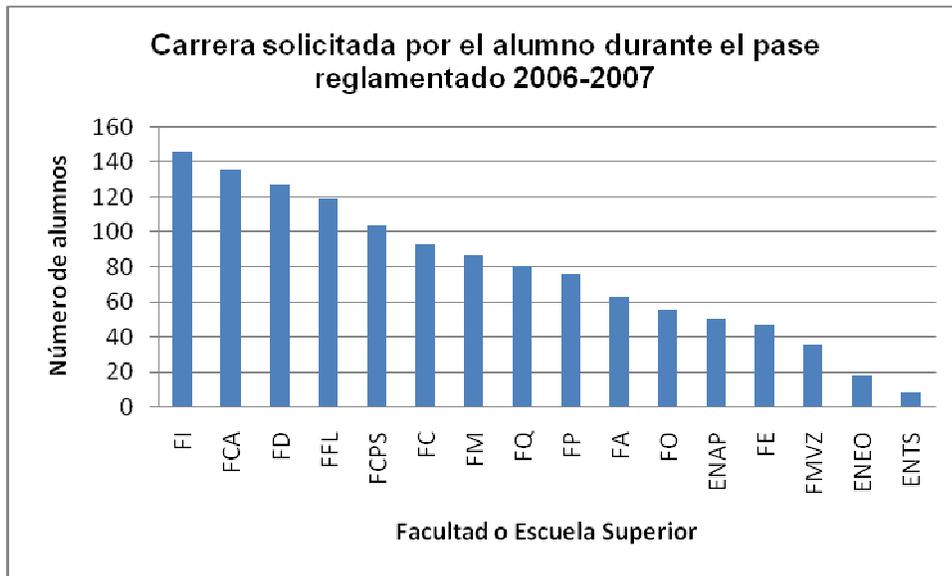
* ANUIES

Así podemos constatar que únicamente alrededor del 5% de los alumnos que ingresan a las licenciaturas de la U.N.A.M. tienen interés en estudiar alguna carrera de las 5 que se imparten en la Facultad de Química. Mientras que en la Facultad de Contaduría y Administración ingresaron aproximadamente el 14% para 3 licenciaturas y para la Facultad de Derecho aproximadamente el 8%, siendo que en esta facultad se estudia una carrera.

A continuación se compararan los datos anteriores con los datos de la demanda de los alumnos del Plantel 1 "Gabino Barreda" de la Escuela Nacional Preparatoria de la U.N.A.M., hacia distintas carreras de la máxima casa de estudios. Esta comparación se decidió realizar ya que el ingreso por a cada carrera es significativo, pero la demanda indica las preferencias por cada carrera, son datos que no dependen del cupo en una Facultad o Escuela Superior, expresan las intenciones de estudios superiores del alumnado.

Primero se observa la gráfica correspondiente al número de alumnos solicitantes contra la Facultad o Escuela Superior.

Gráfica 4



FI Facultad de Ingeniería, FCA Facultad de Contaduría y Administración, FD Facultad de Derecho, FFL Facultad de Filosofía y Letras, FCPS Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, FC Facultad de Ciencias, FM Facultad de Medicina, FQ Facultad de Química, FP Facultad de Psicología, FA Facultad de Arquitectura, FO Facultad de Odontología, ENAP Escuela Nacional de Artes Plásticas, FE Facultad de Economía, FMVZ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ENEO Escuela Nacional de Enfermería y Obstetricia, ENTS Escuela Nacional de Trabajo Social.

Como se puede constatar la tendencia cambia con respecto a las gráficas anteriores, en el caso de la demanda de carrera la Facultad con mayor demanda es Ingeniería, luego le sigue Contaduría y Administración, Derecho y Filosofía y Letras, sin embargo, es necesario recordar que la Facultad de Ingeniería ofrece al menos 10 carreras, mientras que la Facultad de Administración y Contaduría únicamente 3 carreras y Derecho únicamente 1. Por lo anterior, al igual que en los datos de ingreso a cada facultad, se decidió comparar los datos de la demanda de la Facultad de Administración y Contaduría y de la Facultad de Derecho con la demanda hacia la Facultad de Química, en la cual se ofertan 5 licenciaturas.

En la tabla siguiente se muestran los datos de la demanda total de ingreso de los alumnos de la E.N.P. (1) a las distintas carreras que ofrece la UNAM y los porcentajes de demanda hacia las carreras ofrecidas en las Facultades de: Química, Derecho y Administración

	Demanda de los alumnos a las diferentes licenciaturas e ingenierías	Número y porcentaje de alumnos que solicitaron alguna carrera de la Facultad de Química.		Número y porcentaje de alumnos que ingresaron a la Facultad de Contaduría y Administración*		Número y porcentaje de alumnos que ingresaron a la Facultad de Derecho*	
2007	1253	81	6.46%	136	10.9%	127	10.13%

Como se puede observar el porcentaje de la demanda de carrera en la Facultad de Química resulta un poco mayor al reportado para el ingreso a esa Facultad, sin embargo, es la mitad de la demanda hacia la Facultad de Contaduría y en esa misma proporción hacia la Facultad de Derecho. Aún cuando se contó únicamente con la demanda de la E.N.P. (1), se decidió tomar ambos datos como referencias válidas.

Así, con los datos expresados anteriormente se puede constatar que los alumnos tienen una marcada preferencia por carreras que por mucho tiempo han sido las más solicitadas. Lo anterior podría ser resultado de un desconocimiento de los alumnos sobre el área de la Química. El tratar de acercar la Química a los estudiantes es una labor a la que deben contribuir los profesores. Para ello dentro del aula se está fomentando el enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), a partir del programa de estudios del año 1998, el cual busca relacionar la vida cotidiana con el quehacer científico y los avances tecnológicos, tratando de revertir las ideas en contra de la Química. Como un trabajo institucional, se modificó el programa de la asignatura de Química III en 1998 (Química III es una asignatura de 5to. Año según el programa de la Escuela Nacional Preparatoria, U.N.A.M.), buscando que el alumno se motive hacia el estudio de la química. El punto de vista anterior así como la intención de motivar al alumno hacia carreras profesionales del área de la Química quedan de manifiesto en el párrafo siguiente (Programa de Química III, 1998):

“Tomando en cuenta que este curso, para la mayoría de los alumnos, representa la última oportunidad dentro de la educación formal para adquirir una cultura científica básica, se considera indispensable incluir los conocimientos fundamentales de química y se opta por un enfoque disciplinario en el que se enfatiza el impacto de la ciencia y la tecnología en la vida actual. Esta relación innovadora entre ciencia, tecnología y sociedad, permite promover en el alumno una ética de responsabilidad individual y social que lo llevará a colaborar en la construcción de una relación armónica entre la sociedad y el ambiente, además de tener el reto de poner en práctica sus conocimientos de química y su capacidad crítica para comprobar la coherencia y viabilidad de sus afirmaciones al confrontarlas con su vida cotidiana.”

“Se considera que las modificaciones al curso, a la vez que propician la adquisición de los conocimientos esenciales de la Química y de los que hoy en día la sociedad demanda, hacen que el curso sea atractivo y de interés para la mayoría de los alumnos, aun para aquellos que no seguirán una carrera relacionada con la Química. Se espera que esto se vea reflejado en una disminución del índice de reprobación y que un mayor número de alumnos se motive para estudiar carreras relacionadas con la Química.”

Como se pudo apreciar es una intención clara el buscar que el alumno vea en la Química un área de oportunidad para su formación profesional o de no ser así, que el alumno posea una serie de conocimientos básicos que le sean de utilidad posteriormente. Todo lo anterior a partir justamente del trabajo en el aula, con la colaboración de los profesores.

Por otro lado, un problema al que debe hacer frente el docente de bachillerato es un programa de Química cargado de conceptos, donde el tiempo apremia, por lo que el profesor puede apoyarse en diferentes materiales didácticos que posibiliten la comprensión del estudiante y que hagan eficiente el tiempo de clase. Estos materiales van desde uso de acetatos, imágenes fijas, videos, modelos tridimensionales hasta presentaciones en Power Point, animaciones, etc. dependiendo de la necesidad y creatividad del docente.

Así en esta tesis se elaboró un *software* educativo que trata el tema de enlaces químicos, tocándose los modelos de enlace covalente y enlace iónico; con la elaboración de este material se espera auxiliar al alumno en estos temas ya que se presentan de forma sencilla y agradable.

Actualmente en pleno siglo XXI, se puede observar como la vida cotidiana se ha visto modificada por la tecnología, desde el ya antiguo teléfono hasta la telefonía celular, las computadoras y el Internet, llegando a un punto en el cual esta inclusión ha terminado por hacer indispensables cada una de estas nuevas herramientas.

Es innegable que esta sociedad es la sociedad de la información, del acceso a los datos y a los hechos de manera instantánea; por ello, la educación debe aprovechar esta información, para lo cual es primordial saber recabarla y depurarla, para posteriormente utilizarla (UNESCO).

Como parte de la sociedad, las escuelas no quedan ajenas a este fenómeno mundial y actualmente parte del conocimiento de los estudiantes es saber cómo utilizar las herramientas actuales para buscar información y usarla, por *ende*, las escuelas deben ser partícipes del desarrollo de habilidades de los estudiantes, entre ellas el uso de la computadora y del Internet, como herramientas de uso cotidiano.

Lo anterior queda de manifiesto en las competencias clave expresadas por PISA (Programme for International Student Assessment). A continuación se da un muy breve panorama de lo que es PISA y algunas de las características del examen que realiza la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos) en diversos países del mundo. En este examen se evalúan habilidades en lectura, matemáticas y ciencia. El acrónimo PISA significa, por sus iniciales en inglés, Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes (Programme for International Student Assessment). Es un programa de la OCDE y es de carácter permanente. Este programa se encarga de evaluar si los jóvenes de 15 años están preparados para desarrollarse dentro de su sociedad, considerando desde conocimientos hasta habilidades. Para ello se evalúan tres dominios fundamentales (PISA, 2003a)

- Capacidad de lectura,
- Cultura matemática,
- Cultura científica.

PISA, además de evaluar los aspectos anteriores, evalúa también la capacidad de reflexión y capacidad para aplicar su conocimiento en problemas del mundo real. (PISA, 2003a)

La organización responsable de esta evaluación, la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, sitio Web www.oecd.org), es de carácter intergubernamental, tiene su sede en París y lleva adelante estudios en las áreas social y económica (agricultura, medio ambiente, energía, demografía, empleo, economía, salud, migraciones, corrupción, tecnología, etc.); está integrada por 30 países: de Europa: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, España, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia, Suiza; de Oceanía: Australia y Nueva Zelanda; de Asia: Corea del Sur, Turquía y Japón; y de América: Canadá, Estados Unidos y México. (PISA, 2003b)

Según PISA (2003b), se evalúan habilidades en lectura, matemáticas y ciencia. Donde lo importante es determinar si se han adquirido las herramientas necesarias para seguir aprendiendo en el futuro. Por lo que se espera que los estudiantes sean capaces de:

- Organizar y regular su propio aprendizaje
- Aprender individualmente y en grupo
- Superar dificultades en el proceso de aprendizaje
- Estar conscientes de sus propios procesos de pensamiento y de sus métodos y estrategias de aprendizaje.
- Desarrollar su capacidad para resolver problemas en contextos interdisciplinarios.
- Reconocer un problema, usar el conocimiento para delinear una estrategia de resolución, ajustar la solución que mejor se adapte al problema y comunicar a otros la solución encontrada.

Así también se evalúa:

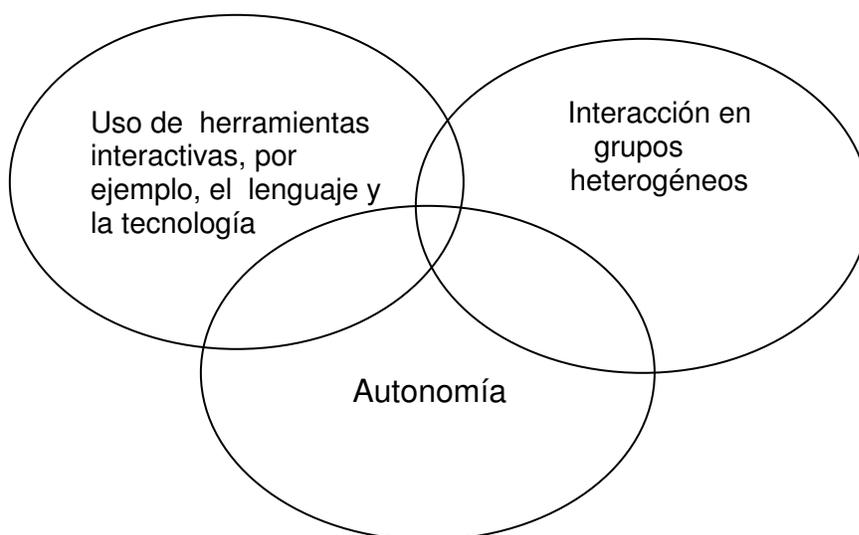
- La interacción en grupos heterogéneos: la habilidad para relacionarse con otros, empatía y manejo de emociones.
- La habilidad para cooperar, plantear ideas propias y escuchar las de los demás, debatir, llevar una agenda, construcción de alianzas, negociar, tomar decisiones a partir de diferentes opiniones.
- El manejo y solución de conflictos: identificar áreas de acuerdos y desacuerdos, replantear el problema, priorizar necesidades y metas.
- La actuación autónoma como parte del desarrollo de la sociedad (amigos, trabajo, familia).
- La capacidad de planear proyectos de vida.

Con la finalidad de explicar lo que encierra la evaluación de PISA se elaboró la siguiente tabla explicando algunas habilidades que se evalúan.

Habilidades en cada rubro evaluado: (PISA, 2003b)

Lectura	Matemáticas	Ciencia
“la comprensión, uso y reflexión sobre textos escritos, con el fin de alcanzar objetivos personales, desarrollar el conocimiento y potencial individual y participar en la sociedad”.	“la capacidad de un individuo para identificar y comprender el rol que las matemáticas juegan en el mundo, para emitir juicios fundamentados y para utilizar e involucrarse con la Matemática de forma que se corresponda con las necesidades de su propia vida como ciudadano constructivo, comprometido y reflexivo”	“la capacidad para utilizar el conocimiento científico, identificar preguntas científicas y elaborar conclusiones basadas en evidencia, con el fin de comprender y tomar decisiones sobre el mundo natural y las transformaciones realizadas en él por la actividad humana”.

Con la finalidad de explicar un poco más lo que es PISA (2005), a continuación se describen las tres competencias clave para este programa:



Estas tres competencias clave se explican así:

¿Por qué?

- La necesidad de mantenerse al día con la tecnología.
- La necesidad de adaptar herramientas a las necesidades personales.
- La necesidad de mantener un diálogo activo con el mundo.

¿Cuáles competencias?

- A. Uso del lenguaje, símbolos y textos interactivos.
- B. Uso del conocimiento e información interactivos.
- C. Uso de la tecnología interactiva.

Estas competencias son necesarias debido a la demanda social y profesional de una economía globalizada y de una sociedad donde la información es inmediata y de amplios alcances, por ejemplo, basta conectarse a Internet para tener acceso a información o personas a grandes distancias, en otros países y aún en otros continentes, por sorprendente que suene. Los individuos para lograr desenvolverse en esta sociedad comunicada requieren de la interacción entre el lenguaje, la información y el conocimiento, así como del manejo de herramientas como la computadora. Pero el manejo de ésta es más que tener acceso a una; el individuo debe ser capaz de leer un texto usando un *software*, pero también conocer y adaptar la computadora a las necesidades personales. Esto requiere una familiaridad con la herramienta computacional, lo cual se logra con un manejo cotidiano de la computadora, donde intervenga el individuo de una manera activa.

Para tener un diálogo con otras personas es necesario el uso efectivo de herramientas como el habla y la escritura, las matemáticas y la computación, en diversas situaciones, la competencia de uso de lenguaje, símbolos y texto interactivos tiene que ver con una competencia de comunicación.

La competencia sobre el uso del conocimiento y la información interactiva tiene que ver con una reflexión crítica de la información en sí misma, desde su infraestructura técnica, así como su contexto e impacto social, cultural e ideológico. También involucra la formación de opiniones, la toma de decisión, el acercarse a la información y las acciones responsables. Dentro del conocimiento e información, ambos interactivos, se incluye que el individuo reconozca lo que desconoce, que identifique y localice fuentes apropiadas de información, incluyendo al ciberespacio, evalúe la calidad y valor de la información, así como de las fuentes y finalmente organice el conocimiento y la información obtenida.

La competencia sobre el uso de la tecnología, requiere que el individuo utilice la tecnología dentro y fuera de su ámbito laboral, apoyándose en ella para transformar su vida, reduciendo las distancias, teniendo acceso a grandes cantidades de información de manera instantánea, interactuando con otros a lo ancho de todo el mundo. Así, utilizando la tecnología en su

beneficio ésta se convierte en una tecnología interactiva, que para lograrlo se requiere de un manejo cotidiano, para lograr la familiaridad con la misma; dentro de esta tecnología por supuesto está sin lugar a dudas la computadora y con ella, el Internet.

Así, estas nuevas herramientas pueden colaborar con el desarrollo de las personas, las cuales se benefician al poder comunicarse inmediatamente o acceder a la información que se necesite. Sin embargo, para obtener todos los beneficios de las nuevas tecnologías se requiere del manejo de herramientas tales como la computadora, que interactúan con el conocimiento, el lenguaje y la información, convirtiéndose en herramientas interactivas. Hasta aquí las citas correspondientes a PISA (2005).

El uso de herramientas interactivas requiere más que el acceso a ellas. Necesita de una familiarización con la herramienta en sí, así como las modificaciones que va teniendo, ya que no es un instrumento pasivo, sino un instrumento de diálogo entre el individuo y su entorno. El que el individuo posea esta competencia es esencial para el buen funcionamiento dentro de una sociedad que requiera de éstas tecnologías, en su campo de trabajo y en el diálogo con otros. Esto da sustento a la necesidad de un manejo adecuado de las nuevas tecnologías de la información y precisamente la escuela no debe quedarse al margen, sino propiciar el uso de dichas herramientas, entre ellas el manejo de la computadora y el Internet. Por ello las clases específicas de manejo de la computadora son importantes, pero el manejo de estas tecnologías como parte cotidiana del trabajo del alumno le permitirá integrar la computadora y el Internet a su vida cotidiana, no sólo como una materia más o como una forma de comunicarse entre los mismos alumnos; será una herramienta de trabajo, ahora apoyándose en ella para la escuela, posteriormente para su vida laboral. Esta inclusión de la computadora y el Internet en la escuela entonces es más que deseable y ya en este momento más que una posibilidad.

Ya existe una evidencia de la creciente preocupación mundial encaminada hacia una convivencia armoniosa entre: las computadoras, las telecomunicaciones, el gis y el pizarrón (Mancinas, 1999).

Si bien en una clase presencial, el proceso enseñanza/aprendizaje tiene la mediación del docente, fuera del aula, son precisamente los materiales interactivos los que realizan el papel de mediación pedagógica. Esta mediación es llevada a cabo a través de la interfaz. Esta interfaz debe ser capaz de comunicar de manera adecuada el mensaje. Es indispensable recalcar el potencial educativo de los nuevos medios de comunicación, porque al aprovechar

estos medios de aprendizaje se puede obtener una educación de calidad, lograda en medio de un ambiente de gusto y placer por aprender (UNESCO), ambiente que puede generar el uso de multimedia a través de la computadora; pero la utilidad de la computadora no se queda en la presentación de algo novedoso y bonito, va mucho más allá, con el empleo de la computadora se puede facilitar el aprendizaje del alumno en todas las áreas del conocimiento pero en especial en el área de las ciencias naturales, ya que su aprendizaje requiere de una gran capacidad de abstracción, de generación de modelos, de repetición de ejercicios, entre otras necesidades y las cuales pueden ser apoyadas al emplear la computadora. Por ejemplo, el uso de modelos moleculares por computadora permite que el alumno se forme una imagen mental de las moléculas al tener una representación de ellas, asimismo el empleo de modelos computacionales para explicar diversos fenómenos no visibles como puede ser el enlace químico. Igualmente se tiene la posibilidad de repetir una información las veces necesarias sin ningún tipo de irritación por parte de la computadora y además de todo esto, si esta información se encuentra en el Internet de manera libre, se tiene un acceso total, sin restricciones de espacio, tiempo o distancia.

Además de lo ya indicado en el párrafo anterior se debe señalar que el material que se presenta cuenta con información confiable, ya que si bien el Internet es una fuente de información ilimitada, no siempre son datos de calidad, por lo que al consultar esta fuente de información es necesario hacerlo con una mente crítica, procurando revisar páginas confiables como pueden ser las sustentadas por universidades.

Así, tomando en cuenta las precauciones señaladas, al incorporar la computadora a los materiales didácticos, se puede convertir en una herramienta de muy grandes alcances al ser utilizada dentro de una planeación de actividades. Por ello se debe hacer una elección adecuada del material, dependiendo del uso al que vaya encaminado.

Chacón (mencionado en García Ruíz, Bustos Mendoza, Andrade-Aréchiga y Acosta-Ruíz, 2006) comenta que la computadora puede apoyar a profesores y alumnos en tres procesos fundamentales:

- El procesamiento de la información: involucra capacidades como: recordar calcular, leer, escribir y establecer relaciones.
- La interacción: En cuanto que la interacción humana se realiza mediante la comunicación o el intercambio de mensajes.

- La comunicación: puede ampliarse gracias a herramientas como interactividad, el correo electrónico y videoconferencias.

Los diferentes paquetes de computadora que pueden ser utilizados por el profesor, pueden realizar una o varias funciones, entre las que se encuentran (Marqués):

- Función informativa. Los programas que cumplen esta función son tutoriales, simuladores y bases de datos.
- Función instructiva. Existen varios programas con esta función. Los programas como los tutoriales pueden actuar como un mediador en la construcción del conocimiento.
- Función motivadora. Los programas en general pueden realizar la función de captar la atención de los alumnos, mantener el interés y enfocarla a los puntos que el profesor escoja.
- Función evaluadora. Los materiales de este tipo, al ser interactivos, permiten que el alumno tenga una evaluación de sus acciones de manera instantánea.
- Función investigadora. Las bases de datos y los simuladores son ejemplos de *software* que proveen la posibilidad de investigar.
- Función metalingüística. Los estudiantes aprenden los lenguajes de la computación.
- Función lúdica. Al tener una capacidad muy amplia en cuanto a formas de expresión, una información puede ser presentada de diversas maneras, entre ellas divertidas.

Una vez que se han determinado las necesidades que serán cubiertas por los materiales multimedia los educadores tienen dos opciones para resolver los problemas detectados: el uso de *software* ya hecho o bien la elaboración personal de materiales (Orozco, 1998). El utilizar materiales ya realizados presenta muchos problemas, existen pocos materiales en español, y si ya la Química resulta complicada para algunos estudiantes, en otro idioma resultaría aún peor; además, el profesor debe adaptarlo al orden de su programa de asignatura, lo que representa en ocasiones una inversión muy fuerte de tiempo. También puede ser que no se adapte a las necesidades del alumnado, por ejemplo que los temas incluidos sean tratados muy superficialmente o por el contrario demasiado elevado su contenido o bien que no contenga la información completa o que los ejercicios no sean suficientes o no sean los adecuados. Además, se debe considerar que la búsqueda conlleva una inversión importante de tiempo y finalmente hay que aclarar que aún cuando existe mucho material en la red, éste no siempre es gratuito, en ocasiones es muy costoso y muchas veces más estético que realmente útil. Entonces queda la otra opción, la elaboración personal de materiales, es una opción importante

pero requiere de tiempo invertido por parte del profesor y de algunos conocimientos en programas de computadora. Por todo lo anterior considero que es importante la elaboración de la página Web que se presenta aquí, ya que fue pensada para las necesidades de los alumnos principalmente de bachillerato, en español y de manera libre en Internet.

Para concluir con este planteamiento, en la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS, 2003), dentro del perfil de egreso se encuentra que el alumno:

“Seleccionará y evaluará materiales didácticos y en su caso, elaborará textos, multimedia, audiovisuales, *software* educativo, prototipos para su uso en aulas, talleres y laboratorios, utilizando metodologías y tecnologías eficaces y realistas que promuevan el manejo de recursos bibliográficos y de información y propicien aprendizajes significativos en sus alumnos.”

Así, esta tesis es la elaboración de *software* educativo donde se explica el modelo de enlace covalente y el modelo de enlace iónico. Algunas de las características de este material son: definiciones sencillas, explicaciones con animaciones, ligas a diversas páginas con información útil sobre el tema, entre otras. La explicación completa sobre la construcción y funcionamiento de este material se encuentra en el Capítulo 2 Elaboración del software educativo sobre el tema de enlace químico.

Aún cuando el presente material no incluye actividades de autoevaluación, sí tiene otras ventajas, como que el alumno cuente con la información en cualquier momento, ya que estos materiales multimedia se encuentran en Internet, además de que el material elaborado fue diseñado para un manejo sencillo, esto es, un diseño ergonómico de interfaz (Gamboa, 2007) con la finalidad de que el alumno no tenga problemas con su manejo y se pueda concentrar únicamente en los aspectos químicos, permitiendo al mismo tiempo una familiarización con herramientas actuales como la computadora y el Internet.

Se debe señalar que el *software* fue planeado para colaborar en el aprendizaje del alumno, en concordancia con el curso normal. Se pretende que sea una herramienta para el alumno y para el profesor, nunca como sustituto de este último.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Al utilizar un material multimedia adecuado se espera que los estudiantes de bachillerato conozcan y sean capaces de describir y diferenciar los modelos de enlace iónico y covalente (polar y no polar).

CAPÍTULO 1 FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 El proceso enseñanza – aprendizaje

En numerosas ocasiones se ha señalado la complejidad del proceso enseñanza-aprendizaje, tanto que se han formulado diversos modelos tratando de explicar este proceso con la finalidad de entenderlo y tratar dar respuesta a innumerables problemas que involucra, entre ellos a las grandes preguntas ¿De qué manera se enseña mejor? ¿De qué manera se aprende mejor?

1.1.1 El modelo pedagógico tradicional.

Para iniciar la discusión se plantea una de las definiciones de aprendizaje dentro de la concepción tradicional “el aprendizaje se entiende como la actividad de memorizar información relevante procedente de un profesor o texto, transmitida, en cualquier caso, de forma unidireccional” (Vizcarro, 1998).

El método seguido por el modelo tradicional es descrito por Flores Ochoa (1994) “El método de aprendizaje es academicista, verbalista, que dicta sus clases bajo un régimen de disciplina a unos estudiantes que son básicamente receptores”. “En este modelo, el método y el contenido en cierta forma se confunden en la imitación y emulación del buen ejemplo, del ideal propuesto como patrón y cuya encarnación más próxima se manifiesta en el maestro”. Como se indica es un método totalmente vertical centrado en el maestro.

Como en este tipo de aprendizaje el alumno no tiene participación alguna en el proceso como no sea memorizar, no existe lugar para sus preferencias, deseos o intereses. Es el profesor el que proporciona el conocimiento, ya que los alumnos “no están listos para tomar decisiones, pues son ignorantes, cuyos cerebros deben ser llenados con conocimientos transmitidos por el que sí sabe: el maestro.” (Vizcarro, 1998).

Además de que no existe retroalimentación entre alumnos y sus profesores, el trabajo cooperativo entre los alumnos tampoco figura dentro de este tipo de educación (Balocchi, Modak, Martínez, Padilla, Reyes, y Garritz, 2005-2006). Esta situación es un impedimento para que el alumno enriquezca su conocimiento compartiéndolo con otras personas. (Vilchis, 2005)

Al reducir al alumnado a mero espectador, sin participación activa, sin opinión o aportaciones, la inventiva y curiosidad del alumno se va aplastando, perdiéndose la curiosidad clásica del niño,

motor de cuestionamientos sobre el funcionamiento de todo lo que le rodea motivando la invención de soluciones.

El modelo del aprendizaje tradicional se basa en que el aprendizaje se logra con la repetición continua, hasta lograr aprenderlo, lo que popularmente se llama “aprender de memoria”; al final de este proceso se supone que el alumno habrá comprendido y será capaz de utilizarlo. Así, el mejor alumno es el capaz de repetir religiosamente la lección dictada por el profesor. Sin embargo, uno de los cuestionamientos más grandes a este modelo es que la memorización garantiza la repetición momentánea de diversos conceptos, sin embargo no se puede confirmar que el alumno los haya entendido y por ende sea capaz de aplicarlos.

A manera de resumen, se puede acudir a la crítica hecha por (Perkins, 1995), al conocimiento “generado” en la enseñanza tradicional el cual es denominado “conocimiento frágil”, el cual está constituido por cuatro tipos de conocimientos deficientes:

“Conocimiento olvidado. Los alumnos son saturados con información, que al momento de ser evaluados parecen recordar, sin embargo, al paso del tiempo el conocimiento que alguna vez adquirieron es completamente olvidado.

Conocimiento inerte. La educación tradicional se basa principalmente en la lectura de textos y la escucha pasiva de las clases que el profesor dicta, siendo esta característica la que genera la tendencia a producir el conocimiento inerte, ya que no se les requiere a los alumnos que relacionen o apliquen el conocimiento a situaciones reales, de tal manera que este conocimiento no logra salir de la teoría y por lo tanto no puede ser aplicado a la vida real.

Conocimiento ingenuo. Este conocimiento se basa en el hecho de que los alumnos captan los conocimientos fundamentales de manera muy superficial, lo cual genera que dichos conocimientos adquieran la forma de teorías ingenuas o estereotipos, así los alumnos son capaces de repetir los hechos y aplicar las fórmulas, sin embargo, al tratar de explicarlas o incluso interpretarlas lo hacen recurriendo a teorías ingenuas, que los mismos alumnos no son capaces de sustentar.

Conocimiento Ritual. Este conocimiento es el reflejo de que los alumnos no alcanzan a comprender completamente lo que se les enseña, lo cual genera vacíos en el conocimiento. Estos vacíos son rellenados a través de rituales que funcionan en el aula, pero no en el mundo real, es decir, “aprenden a hablar del mundo como se supone que deben hacerlo”. De tal manera, que el conocimiento adquirido, únicamente resulta útil en el aula.”

Como se observa en el párrafo anterior, las ideas expresadas por Perkins (1995), hacen una precisa descripción de las deficiencias que se presentan en la enseñanza tradicional. Entre ellas: no se puede recordar el conocimiento supuestamente adquirido, el cual sirve para aprobar exámenes, pero no se puede aplicar y su comprensión es deficiente (Vilchis, 2005).

Así, con los avances en el campo del aprendizaje, se ha privilegiado el significado que poseen los conocimientos sobre la acumulación de información. (Flores, 1994), reforzándose la importancia de que la información sea significativa para el alumno, esto es, fomentar el **aprendizaje significativo**.

1.1.2 Teoría del aprendizaje constructivista.

Una de las implicaciones de la posición constructivista es que “el conocimiento humano no se recibe pasivamente ni del mundo ni de nadie, sino que es procesado y construido activamente por el sujeto que conoce” (Flores, 1994).

En este modelo por primera vez se considera al alumno como un ser individual al momento del aprendizaje: “Lo que plantea el constructivismo pedagógico es que el verdadero aprendizaje humano es una construcción de cada alumno que logra modificar su estructura mental y alcanzar un mayor nivel de diversidad, de complejidad y de integración.” (Flores, 1994). Se concibe el aprendizaje como proceso que contribuye al desarrollo de la persona, convirtiéndose en mucho más que una acumulación de información, poniendo énfasis en que educar no es informar o instruir sino desarrollar y humanizar al ser humano. (Flores, 1994).

A comienzos del siglo XX, María Montessori dentro de la misma postura constructivista plantea que un niño es una persona en desarrollo y no un adulto pequeño al que le falta información (Flores, 1994).

A partir de la década de los 60 y con evidencias cada vez más claras acerca de las limitaciones del modelo tradicional, se aprovechó el impulso de la teoría de Piaget y las contribuciones de la Psicología cognitiva, para orientar las investigaciones hacia los procesos cognitivos, nombrados construcciones mentales. Piaget concibe el desarrollo del conocimiento como la construcción de una serie ordenada de estructuras intelectuales que regulan los intercambios del sujeto con el medio. El orden de construcción de esas estructuras es universal y obedece al principio de equilibración mayorante. Lo que supone que cada estructura que se adquiere, permite una

mayor riqueza de intercambios y una mayor capacidad de aprendizaje. En cualquier nivel de la enseñanza que se encuentre, la educación tiene como meta ayudar a que los alumnos progresen de un estadio inferior a otro superior. Piaget indicó que el desarrollo cognitivo está relacionado con el desarrollo fisiológico a través de los siguientes niveles: sensorio – motor (0 – 2 años), Preoperatorio (pensamiento simbólico 2 – 4 años y pensamiento intuitivo 4 – 7 años), operaciones concretas (7 – 11 años) y operaciones formales (12 años en adelante). (Tamayo, 1999)

Posteriormente algunos de los planteamientos de Piaget fueron criticados y se postularon nuevas aportaciones, entre ellas se encuentran las de Vigotsky y Ausubel. (Tamayo, 1999)

Dentro de la visión de Vigotsky se considera que los procesos psicológicos superiores (comunicación, lenguaje, razonamiento, etc.) se adquieren ante todo a partir del entorno social para después internalizarse, lo cual se logra a partir del uso del objeto aprendido dentro del contexto social. Para este autor el aprendizaje precede temporalmente al desarrollo, discrepa de la posición de Piaget donde el desarrollo precede siempre al aprendizaje. La propuesta de Vygotsky es que el desarrollo no es un requisito anterior al aprendizaje, sino que es un producto derivado de él. También plantea que las funciones mentales superiores (pensamiento, atención, conciencia) tienen su origen en la vida social entre los individuos para después interiorizarlos paulatinamente. Desde la perspectiva de este autor, se considera que el aprendizaje es una actividad social por encima de una actividad individual. Otra aportación de Vigotsky también es el concepto de zona de desarrollo próximo. (Tamayo, 1999)

Otra contribución importante es la de Ausubel, quien indica que en todos los niveles educativos, el alumno ya posee ciertos conocimientos, sobre los cuales se asentarán los nuevos conocimientos. Así también refiere que el aprendizaje debe ser una actividad significativa para el estudiante, lo que quiere decir que el conocimiento adquirido debe tener un significado nuevo para el aprendiz, tomado de las relaciones con los conocimientos que ya posea (ver la ampliación de este concepto en la sección 1.1.3). Para este autor, aprender es sinónimo de comprender, ya que lo que se comprende queda integrado a la estructura conceptual (Tamayo, 1999).

Así, dentro del aula, los docentes ya están aplicando estrategias desde el punto de vista constructivista, lo cual es llamado como la didáctica constructivista, la cual aplica los siguientes principios a la enseñanza (Tamayo, 1999):

1. Principio de las estructuras previas. Todo conocimiento se asimila en función de estructuras mentales disponibles con anterioridad.
2. Principio de la acción-reflexión. La investigación sobre los procesos de asimilación de conocimiento se constituye en una alternativa para convertir la enseñanza en un objeto de conocimiento.
3. Principio del contra ejemplo y no del contra argumento. Al propiciar la duda sobre los conceptos previos que posea el estudiante, puede resultar productivo para que se propicie en el estudiante un desequilibrio con el fin de despertar interés por realizar una búsqueda.
4. Principio de recuperar la historia. A través de la historia, se puede mostrar la forma en que se fueron construyendo los conceptos y teorías actualmente aceptados.
5. Principio de la traducción. Consiste en ilustrar las ideas, teorías o conceptos fundamentales de lo que se quiere explicar con ejemplos, experiencias concretas, actividades lúdicas y actividades prácticas.
6. Principio de la especialización. El docente debe ser un especialista en la disciplina que enseña con el fin de que sea un participante activo que selecciona contenidos y propone nuevas formas de enseñanza.
7. Principio del manejo didáctico del error. Aprovechar los errores y equivocaciones de los estudiantes para reconstruir su proceso de comprensión e identificar en qué momento comenzó la confusión.
8. Principio de trabajar por proyectos. Al solucionar problemas reales es necesaria la comprensión de los conceptos, superando la memorización y evitando la repetición.
9. Principio de evaluación subjetiva. Personalizar la evaluación, reconociendo los logros en los niveles de comprensión personales, en lugar de valorar únicamente contenidos.
10. Principio sobre los tipos de conocimiento. Reconocer la existencia de formas o estilos de aprendizaje o cognitivos, dando así un tratamiento individualizado en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Según Gattthorn (1997), el constructivismo hace referencia a nueve conceptos básicos, según la naturaleza del aprendizaje:

1. El aprendizaje es un proceso activo. Se lleva a cabo una tarea cognoscitiva donde son necesarias la utilización y la aplicación de conocimientos.
2. El aprendizaje se favorece al implicar cambios conceptuales. El proceso de aprendizaje permite al alumno modificar la concepción previa de conceptos para lograr una comprensión más profunda del concepto.
3. El aprendizaje es subjetivo y personal. El aprendizaje se logra cuando se internaliza lo que se está aprendiendo.
4. El aprendizaje debe estar contextualizado. Entre más se parezcan los problemas planteados a la vida real, los alumnos aprenden mejor.
5. El aprendizaje es social. El aprendizaje se mejora cuando el estudiante interactúa con otras personas, para intercambiar información y solucionar problemas.
6. El aprendizaje es afectivo. Los aspectos afectivos que influyen en el aprendizaje son: autoconocimiento, opinión de sí mismo, claridad y solidez de las metas del aprendizaje, expectativas personales y la motivación para aprender.
7. La naturaleza del trabajo de aprendizaje. Se debe buscar para el alumno: la optimización de su desarrollo, dar relevancia de sus necesidades, que ello represente una novedad y un reto.
8. El desarrollo del alumno influye en el aprendizaje. Las soluciones deben ser un reto, que requieran esfuerzo, pero que sean siempre metas alcanzables.
9. El aprendizaje debe comprender conocimientos transformados que se reflejen durante todo el proceso.

Vilchis (2005) señala que el aprendizaje se construye de una forma individual y activa, donde el estudiante aprovecha los conocimientos que ya posee, relacionándolos con los de nueva adquisición. Para ello, la información debe ser significativa y lógica, para que el alumno la relacione con sus conocimientos previos y sea capaz de darles un significado.

1.1.3 Aprendizaje significativo.

Dentro del constructivismo se resalta la importancia de que el aprendizaje debe ser significativo (Vilchis, 2005). Ausubel, Novak y Hanesian (2001) señalan que el aprendizaje puede ser significativo si el estudiante tiene una buena disposición para relacionar el nuevo material de aprendizaje con su conocimiento previo y además si el material es sensible al estudiante.

En general para que el aprendizaje sea significativo es necesario que la persona asimile lo aprendido, lo haga propio, una vez así, se integra a ella, así, ello también implica un aspecto afectivo. Algunos de los factores implicados más relevantes del aprendizaje significativo son:

1. Los contenidos, conductas o habilidades por aprender.
2. Las necesidades y problemas relevantes para el individuo.
3. El ambiente en que se da el aprendizaje.
4. La comprensión de la persona sobre lo que aprende.
5. La persona tiene lo aprendido como un recurso disponible.

Como se puede observar es importante que el alumno se involucre y tome acción y responsabilidad de su aprendizaje, que deje de ser un espectador para convertirse en un protagonista.

1.2 Aprendizaje con materiales multimedia.

Antes de iniciar la descripción del aprendizaje con materiales multimedia, es conveniente recordar algunas definiciones que serán mencionadas reiteradamente:

- Multimedia: material con palabras e ilustraciones.
- Palabras (en un material multimedia): texto que se presenta en forma oral o impresa.
- Ilustraciones (en un material multimedia): gráficas, dibujos, fotos, mapas, en sus modalidades fijas, dinámicas, en animación o video.

El aprendizaje es un proceso tan complicado que ha dado pie a diversas definiciones, que se han ido modificando con el tiempo. El aprendizaje se da en diversos momentos, las personas aprenden de diversas formas y en diferentes situaciones. Así, durante mucho tiempo los alumnos aprendieron y siguen aprendiendo con la colaboración de un hábil docente, teniendo gis y pizarrón como apoyo. Sin embargo, con el avance de las investigaciones en educación se han incorporado diversos materiales didácticos, así como diferentes formas de enseñanza, que han apoyado al proceso enseñanza aprendizaje.

Unos de los materiales didácticos de más reciente aplicación son los multimedia; los materiales multimedia según Mayer (2001), se refiere a la presentación de materiales, usando palabras e ilustraciones. Entendiendo palabras como el material que puede ser un texto impreso o hablado. Por ilustraciones se entiende un material que es presentado en forma de una imagen (pictorial form), como son: gráficas, dibujos, fotos, mapas, en sus modalidades fijas, dinámicas, en animación o video.

Mishra, A. y Sharma, R. (2004) definen: “multimedia puede definirse como la integración de múltiples elementos mediáticos (audio, video, gráficas, texto, animaciones, etc.) en un total sinérgico y simbiótico que se traduce en un gran beneficio para el usuario final que ningún elemento mediático podría dar de manera individual”.

En esta definición, de manera explícita se observa que el trabajo con multimedios no es únicamente cuestión de moda o una excentricidad actual, más allá de eso, esta integración mediática logra beneficios que por separado no lograrían estas formas de comunicación.

Otra definición de multimedia es la que da Gándara (1997), citando textualmente: *“...es la combinación de varios “tipos de datos” (texto, audio e imágenes fijas y en movimiento) para control interactivo por parte del usuario, mediante una computadora. Y en esta definición, lo crucial es la interactividad.”*

“Aunque las definiciones varían, se puede definir a los multimedia como la coordinación de varios medios (texto, sonido e imágenes fijas y en movimiento) mediante una computadora. De hecho, esta es la definición oficial de la Asociación Mexicana de Multimedia y Nuevas Tecnologías. A veces se discute cuántos medios deben estar presentes (sí un mínimo de dos o de tres). A mí en lo personal me parece más importante un elemento que esta definición deja afuera, y que, en mi opinión, es el que caracteriza a los multimedia como un nuevo recurso de comunicación: el control por parte del usuario, vía la interactividad.”

Esta definición resulta especialmente útil al señalarse a la interactividad, esto es, el control que tiene el usuario sobre el medio, ya que multimedia, pueden ser el cine o la televisión, sin embargo el usuario no tiene el control de los eventos. Si tomamos el caso del una película, el espectador no tiene forma de interactuar con el filme como no sea avanzar o regresarlo o repetirlo, no puede cambiar de ninguna manera la trama o interactuar dentro de la historia; en el caso de la televisión la limitante es aún mayor ya que ni siquiera se pueden elegir horarios. En cambio cuando se trata de *software*, el acceso a ellos es sencillo, a cualquier punto de la información, repetir cuantas veces se desea, dar respuestas, etc. Así, la gran aportación de los multimedia es unión de la interactividad con la combinación de medios, lo que es posible en la computadora (Gándara, 1997).

Ahora bien, el aprendizaje por multimedia se lleva a cabo cuando los estudiantes son capaces de construir representaciones mentales a partir de la interacción con las palabras e imágenes que se presentan en una computadora. La idea central de aprender con materiales multimedia es que los estudiantes puedan aprender más profundamente que de modos más tradicionales que implican palabras solamente. Para comprender un poco mejor la actuación de la computadora es necesario hablar sobre el aprendizaje, desde otro punto de vista.

Según Mayer (2001), existen tres criterios a tomar en cuenta para el diseño de ambientes de aprendizaje basados en materiales multimedia, que son precisamente tres de las características del cambio conceptual de Posner, Strike, Hewson, y Gertzog (1982), reconstruidas para los multimedia:

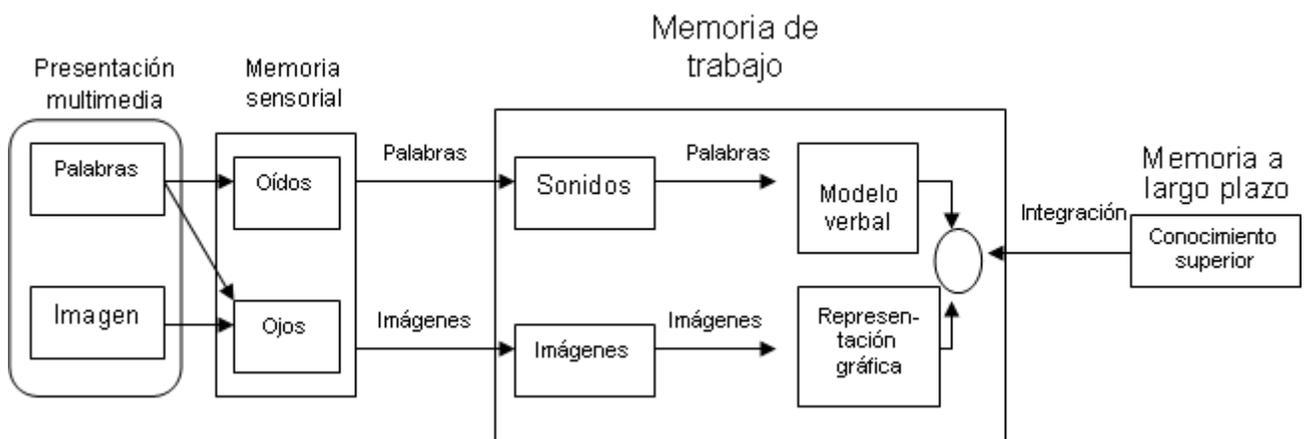
- 1) Inteligibilidad. Los principios se derivan de una teoría cognitiva de aprendizaje con multimedia.
- 2) Plausibilidad. Los principios son consistentes con investigaciones empíricas sobre aprendizaje con multimedia.
- 3) Aplicabilidad. Los principios se aplican a nuevas situaciones de aprendizajes con multimedia.

El diseño de ambientes multimedia debe ser compatible con la forma de aprender de las personas. Por ello se requiere que se enmarque una teoría cognitiva del aprendizaje con multimedia. Esta teoría se puede explicar al asumir tres principios: doble canal, capacidad limitada y procesamiento activo.

Estos principios se describen en la tabla siguiente (Mayer, 2003):

Principios asumidos	Descripción
Doble canal	Los humanos poseen canales independientes para el procesamiento visual y auditivo.
Capacidad limitada	Los humanos tienen una capacidad limitada para procesar información en cada canal a la vez.
Procesamiento activo	Los humanos se comprometen en un aprendizaje activo al atender la información relevante recibida, organizar la información seleccionada en representaciones mentales coherentes e integrar las representaciones mentales con otros conocimientos.

A continuación se presenta un esquema que representa el modelo cognitivo del aprendizaje con multimedia. (Mayer, 2003)



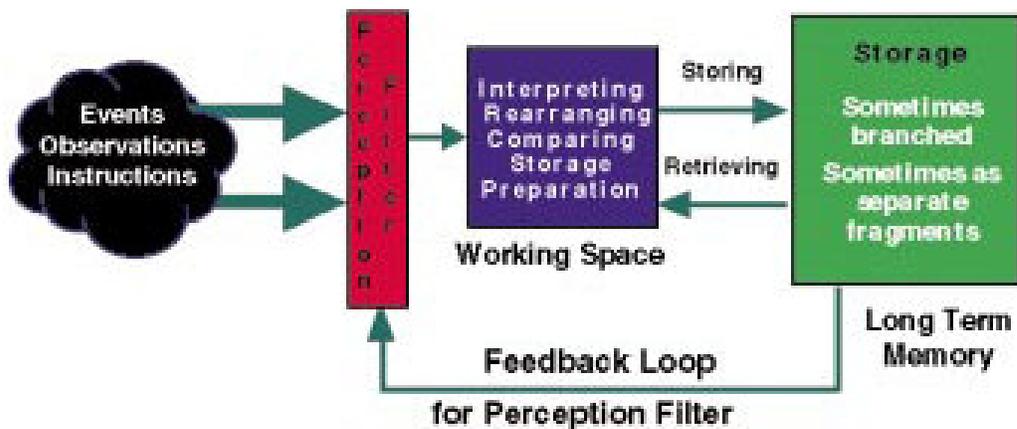
Como se observa en el esquema, en el primer cuadro, las palabras e ilustraciones forman parte del mundo “exterior” que proviene de una presentación multimedia, la cual es percibida por la memoria sensorial a través de los ojos y oídos (que se indica en el cuadro de memoria sensorial). La información exacta percibida por los ojos y los oídos dura intacta muy poco tiempo en la memoria. La flecha que sale de las ilustraciones hacia los ojos, es lo registrado por los ojos, las flechas que salen de las palabras, indican que las palabras son percibidas por los oídos, si fue un texto hablado y son percibidas por los ojos si se trata de un texto impreso.

El trabajo central del aprendizaje con multimedia toma lugar en la memoria de trabajo. La memoria de trabajo se utiliza para retener y utilizar temporalmente un conocimiento de manera conciente. En el lado izquierdo de la caja “memoria de trabajo” representa el material sin procesar, que fue percibido por los ojos y oídos, las flechas entre sonidos e imágenes, representan la conversión mental de sonido a imagen, por ejemplo al percibir la palabra “perro” en la mente se crea la imagen de un perro; este proceso puede ser en sentido inverso.

El último cuadro representa la memoria a largo plazo, la cual puede guardar grandes cantidades de conocimiento por largos periodos de tiempo.

Además de la posibilidad de percibir la información a través de dos canales, auditivo y visual, lo cual trae los beneficios ya señalados, se puede agregar una característica positiva más, la cual es señalada por Gándara (1997), que indica que debido a la naturaleza interactiva, el *software*, permite una jerarquización de la información, esto es variar el orden y la profundidad, dependiendo de las necesidades del estudiante, adecuándose así a cada nivel. Esto se logra a través del uso de hipertextos que permite el acceso a diferente información. Al hacer esto posible nuevamente se permite que el *software* cubra las necesidades del estudiante con lo cual mejora su aprendizaje ya que el material se adapta a sus requerimientos.

Un diagrama como el del esquema anterior corresponde al modelo de adquisición de conocimiento por procesamiento de información de Johnstone (1997, ver figura), con sus espacios de trabajo y de memoria a largo plazo, aunque ha sido adaptado para el aprendizaje multimedia.



Para concluir esta parte, la computadora puede apoyar al estudiante en varios aspectos, al facilitar la percepción auditiva y visual al mismo tiempo, al permitir que el alumno lleve su propio ritmo de trabajo, al dar una respuesta inmediata y oportuna, al tener infinita paciencia, al almacenar información útil para el usuario o bien, al permitir el acceso a cantidades enormes de información, al comunicar las comunidades de alumnos y profesores, entre otras aportaciones que finalmente se traducen en beneficios en el aprendizaje del estudiante; pero además la computadora permite el trabajo con elementos dramáticos y lúdicos que permiten “aprender jugando”.

Por otro lado, según Mishra y Sharma (2004), la clave de la contribución de los multimedia está en su posibilidad de promover una interrelación con la información y no únicamente el intercambio de la misma. Lo cual se explica de manera resumida en el siguiente cuadro:

			Alto
	Audio y datos	Audio + texto + video	
Intercambio de información	Sólo audio	Audio + video	
	Bajo		
	Construcción de interrelaciones		

Así, si se requiere que el intercambio de información y la interrelación con la misma no sean muy profundos con el audio es suficiente, pero si por el contrario se requiere que haya un alto nivel en las relaciones con la información y un gran intercambio de la misma se necesita la presencia de audio, video y texto. Entonces resulta vital tomar en cuenta el impacto que desea en el usuario, si se necesita un mero intercambio de información o bien, que se logre una interrelación entre la información y el que la recibe. Por ello un diseño del material a realizar debe estar bien pensado.

Sobre el tema de los materiales multimedia y su trascendencia en el aprendizaje Mishra y Sharma (2004) señalan que debido a las diferentes presentaciones y modos en que se emplea los multimedia, el diseño de los materiales multimedia debe considerar diversas características y las formas en que influyen en el aprendizaje, algunas de estas características a tomar en cuenta que nos señalan estos autores son:

- Sonido. Puede ser usado para atraer la atención, complementar la información visual, apoya en la memorización y provee de guías, entre otras aportaciones.
- Música. Aumenta la atención y el estado de alerta de los usuarios, apoya el ambiente de la presentación.
- Gráficas y color. Se pueden usar desde simple decoración hasta para aumentar el nivel de interpretación, ayudando al observador a formar imágenes mentales. Los colores en ocasiones pueden distraer la atención del usuario o resultarle desagradables por lo que se recomienda de ser posible que el mismo usuario pueda elegir el color.
- Animaciones. Resultan útiles para explicar conceptos abstractos o para mostrar cambios en el estado u operación de cosas peligrosas o rápidas, entre otras utilidades. La animación puede incrementar el interés y mantener la atención mejor que un audio o texto aislado.
- Video (secuencias o movimiento de gráficas). Puede ser usado para que los usuarios puedan ver acciones, procesos o eventos que no puedan ser observados directamente o en tiempo real. Un video artístico y bien realizado puede impactar en los observadores y modificar actitudes más que la observación del hecho en vivo.

Para el diseño multimedia Mayer (2001) publicó una serie de principios que deben ser tomados en cuenta para el diseño de materiales multimedia. Estos principios son enumerados por varios autores, entre ellos Mishra y Sharma que indican que el diseño multimedia está regido por siete principios que son:

1. Principio de multimedia. El ambiente instruccional es mejor si involucra palabras e imágenes que únicamente palabras e imágenes por separado.
2. Principio de modalidad. Cuando el ambiente instruccional involucra narración auditiva y animaciones más que texto escrito y animaciones.
3. Principio de redundancia. Cuando el ambiente instruccional involucra narración y animación es mejor que texto escrito, narración y animación.
4. Principio de coherencia. Cuando el ambiente instruccional está libre de palabras, imágenes y sonidos extraños.
5. Principio de señalización. Cuando el ambiente instruccional involucra indicaciones o señales que guíen la atención y procesamiento individual durante la presentación multimedia.
6. Principio de contigüidad. El aprendizaje se favorece cuando las palabras o narración e imágenes son presentadas simultáneamente en el mismo tiempo y espacio.
7. Principio de segmentación. Cuando las experiencias individuales de narración y animación son cortas, con segmentos controlados por el usuario más que presentaciones largas y continuas.

Finalmente, según Mishra y Sharma (2004) para lograr un aprendizaje exitoso con apoyo de materiales multimedia se requiere que en el diseño de dicho material se tome en cuenta:

1. La selección de palabras relevantes para la presentación del texto o narración.
2. La selección de imágenes importantes para la presentación de las ilustraciones.
3. Organizar las palabras elegidas en una representación verbal coherente.
4. Organizar las imágenes seleccionadas en una representación visual coherente.
5. Integrar las representaciones visuales y verbales para un mejor conocimiento.

Los puntos anteriores son importantes para la creación de materiales multimedia, pero también para la elaboración de cualquier tipo de material de comunicación.

Es muy importante para concluir esta parte lo mencionado por Gamboa (2007) que indica: “Así, el derroche tecnológico ha sido de tal magnitud, que sin percatarnos nos hemos alejado del “*qué*” queremos presentar, con qué objetivo y en qué contexto, para concentrarnos en el “*cómo*” lo queremos presentar”. Esto recuerda que en la elaboración de cualquier material de apoyo se debe pensar en a quién va dirigido, qué se quiere mostrar y qué se desea provocar, antes de elaborar un material que nos parezca bonito o espectacular; la función de un material didáctico es apoyar al aprendizaje.

Entonces será importante explicar que es un *software* de calidad desde el punto de vista de Gamboa (2007), quién indica que la comunicación entre las computadoras y los usuarios sea fluida y transparente y que además el *software* debe ser útil y utilizable, esto es:

- *Útil*: Que el *software* contenga las herramientas necesarias para realizar la tarea para la cual fue hecho;
- *Utilizable* (del inglés *usable*): Que el *software* sea diseñado y organizado de tal manera, que los usuarios puedan entre otras posibilidades:
 - facilitar su aprendizaje
 - realizar tareas más rápido y con menos errores
 - recordar la secuencia de comandos necesaria para alcanzar un objetivo.

De lo que se habla es, justamente de la ergonomía, que según Gamboa (2007) es en cuestiones de aplicaciones interactivas “la disciplina que se encarga de estudiar las características del usuario (capacidad para procesar información, capacidad de retención, capacidades físicas, experiencia, conocimientos previos, preferencias, etcétera), así como de su tarea (características, informaciones y materiales necesarios, sincronización de las actividades que la componen, etc.)”. La ergonomía es más que hacer un *software* “presentable”, debe tomarse en cuenta desde el momento mismo de la planeación del *software*.

Entonces para elaborar un *software* de calidad es necesario tomar en cuenta, además de la presentación, aspectos que impactan en la organización y funcionamiento de la aplicación, como pueden ser aspectos cognitivos, a quien va dirigido, la edad y nivel escolar, el contexto en que será utilizado, que las aplicaciones estén centradas en el usuario, el cual pueda utilizarlas fácil y rápidamente.

Así, para obtener un material *software* de calidad se debe buscar que contenga los siguientes criterios ergonómicos (Gamboa, 2007):

1. Guía: conjunto de medios para orientar, informar, instruir o guiar al usuario.
2. Carga de trabajo: son los elementos de la interfaz que intervienen con la percepción del usuario o en la carga cognitiva. Se divide en dos criterios: brevedad y densidad de la información.
3. Control explícito: el sistema debe realizar únicamente aquellas acciones señaladas por el usuario y el usuario debe tener el control de la aplicación todo el tiempo.
4. Adaptabilidad: capacidad de la interfaz para adaptarse a las necesidades del usuario y mecanismos que permiten respetar el nivel de experiencia del usuario en cuanto al uso del sistema.
5. Manejo de errores: evitar que el usuario cometa errores y mecanismos para indicar y corregir el error.
6. Consistencia: diseño de la interfaz se mantiene para contextos similares y se diferencia para contextos diferentes.
7. Significado de códigos: relación entre un término o signo y el objeto o comando al que refiere.
8. Compatibilidad: Relación entre las características del usuario y su tarea, con respecto a la organización de las entradas/salidas, y el diálogo de la aplicación.

Además de lo anterior, la comunicación a través de los multimedia es efectiva porque como lo menciona Gamboa (2007a) los multimedia permiten:

- Reunir diversos medios, esclareciendo conceptos que un medio aislado no puede.
- Visualizar conceptos abstractos, que en otros medios no es posible.
- Visualizar fenómenos naturales que quedan fuera de las capacidades de los sentidos humanos.
- Concentrar y acceder a información que en otros medios sería difícil de manipular.
- Consultar información a la que no se tiene acceso de otra manera.
- “Seducir al usuario a partir de una propuesta visual-estética”.

Hasta el momento se ha mencionado el material multimedia elaborado en computadora en general, en el próximo capítulo se hablará del *software* elaborado con fines educativos.

1.3 El *software* y su aplicación en educación.

El uso de la computadora en la vida diaria es un fenómeno social (Orlik, 2002), que ha ido ganando espacios, primero para uso del ejército, luego en las instituciones de investigación, empresas, industrias y finalmente en la sociedad en general. La educación es un ámbito que no puede escaparse al uso de la computadora. Los maestros y alumnos deben recibir todo el beneficio posible de este medio. Para tener una idea de cómo se ha ido incorporando la computadora en el ámbito educativo, a continuación se hace referencia a Brito (2000), que señala que han transcurrido poco más de 50 años desde que se puso en marcha la primera computadora *Mark 1* en Harvard, en 1944; así como la *ENIAC* en la Universidad de Pennsylvania, en 1946. Mientras que en el campo de la educación, la historia se desarrolló así (Brito, 2000):

- En 1959, la Universidad de Illinois inició uno de los primeros proyectos, para el uso de computadoras en la educación, en el cual estudiantes de diversos niveles se integraron en una red de comunicación.
- En 1963, se desarrollaron una serie de programas educativos que permitían a los alumnos verificar sus respuestas inmediatamente. Ya para estos años se buscaba una forma de mantener comunicaciones a través de nodos que al perderse alguno de ellos, la comunicación se mantuviera, lo cual logró su primer fruto en 1969 cuando se abrió el primer nodo de la red ARPANET, en la Universidad de California, en E.U., con la finalidad de comunicar científicos.
- Al inicio de los años setenta, Seymour Apera desarrolló el lenguaje “LOGO”, el cual permitía fomentar el uso de las computadoras para la solución de problemas.
- Alrededor de 1975, se desarrolla el modelo de computadoras personales (PC), lo que generó una nueva revolución, ya que estos aparatos empezaron a aparecer, con mayor naturalidad, en aulas, oficinas, comercios, casas, bibliotecas, etc.
- A partir de los años ochenta, las *supercomputadoras* hacen su aparición y, junto con ello, el acceso a redes de telecomunicación especializadas, como Internet, que permiten el acceso mundial a fuentes de información e intercambio de la misma. En 1989 desaparece ARPANET, pero ya existen para entonces 100 000 servidores principalmente en E.U.
- En los 90 se introduce la WWW (World Wide Web) y en 1992 se crea la Internet Society con la finalidad de definir los protocolos para realizar la comunicación, con más de 1000000 de servidores en la red.

¿Qué es Internet? He aquí algunas definiciones muy sencillas.

- “Internet es una red de redes a escala mundial de millones de computadoras interconectadas con el conjunto de protocolos TCP/IP. También se usa este nombre como sustantivo común y por tanto en minúsculas para designar a cualquier red de redes que use las mismas tecnologías que la Internet, independientemente de su extensión o de que sea pública o privada.” es.wikipedia.org/wiki/Internet
- “conjunto de ordenadores, o servidores, conectados en una red de redes mundial, que comparten un mismo protocolo de comunicación, y que prestan servicio a los ordenadores que se conectan a esa red; debe decirse siempre “la Internet”” jamillan.com/glosario.htm
- “Término creado cuando todos los ordenadores del mundo se conectaron. Una red de redes, que está continuamente creciendo y cambiando.” www.iuntaex.es/consejerias/ect/dgsi/proyectosi/docs/Glosario.htm

La mayoría de las definiciones de Internet coinciden que es un conjunto de computadoras comunicadas entre sí. Ahora veamos algunas definiciones de WWW:

- La World Wide Web (del inglés, Telaraña Mundial), la Web o WWW, es un sistema de hipertexto que funciona sobre Internet. Para ver la información se utiliza una aplicación llamada navegador web para extraer elementos de información (llamados “documentos” o “páginas web”) de los servidores web (o “sitios”) y mostrarlos en la pantalla del usuario. es.wikipedia.org/wiki/WWW
- la sección de Internet a la que se puede acceder mediante un navegador web. La Web no es toda la red de Internet, sino un subconjunto de la misma. www.galeon.com/filoesp/glosario/glos_W.htm
- (World Wide Web): Sistema de Internet para vincular mediante hipertexto en todo el mundo documentos multimedia, permitiendo un fácil acceso, totalmente independiente de la ubicación física, a la información común entre documentos. www.maccare.com.ar/glosario.htm
- Conocida como la WEB, fue creada a principios de la década del 90 y está compuesta por servidores que proveen información organizada en sitios –que contienen páginas relacionadas- a los que se accede fácilmente gracias a los programas navegadores. Combina textos con gráficos, imágenes, animaciones e incluso música. Es el servicio más popular de la red, el que se utiliza para diversos fines: desde leer un diario hasta comunicarse con lugares remotos del planeta. www.igarcom.com/glosario.html

Volviendo al tema de la educación, con el fin de fomentar el proceso de enseñanza – aprendizaje, después de diversas estrategias (en los años cincuenta y sesenta se usaban los primeros materiales fílmicos, en los setenta y ochenta, se usaron la radio y la televisión), a partir de los años noventa, hasta ahora, la tendencia es la elaboración de *software* educativo (Brito, 2000).

Para dar una idea de la relación entre un *software* y la educación, se hará referencia a Gándara (1997), que señala que: “un *software* multimedios sería cualquier programa que combina varios medios bajo control interactivo por parte del usuario; y de aplicación educativa hace referencia a que, independientemente de su intención original, se trata de programas que pueden potencialmente ser utilizados para promover el proceso de enseñanza-aprendizaje.”

Entonces según Gándara (1997) un *software* se puede aplicar al ámbito educativo independientemente de si fue elaborado con la intención de servir educativamente o no. En el caso de la página que se presenta en esta tesis, fue elaborada para utilizarse dentro de actividades de enseñanza y aprendizaje. El planteamiento anterior se debe a que existe mucho *software* que se aplica a la educación aún cuando no fue creado explícitamente para ese fin, este es el caso de las hojas de cálculo o procesadores de texto, de los cuales son ejemplos conocidos, Excel o bien PowerPoint.

Sin embargo Marques define *software* educativo como programas de computadora creados con la finalidad específica de ser utilizados como material didáctico, facilitando los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Entonces los programas de uso general (procesadores de textos, hojas de cálculos, etc.), programas que pueden (y de hecho lo hacen) desempeñar un papel didáctico, quedan excluidos. Dentro de esta definición, la página motivo de la presente tesis estaría dentro de la definición de *software* educativo.

Para la autora de la presente tesis, un *software* educativo sería todo aquel que sirve para apoyar el aprendizaje de los alumnos, independientemente de su origen.

Siendo completamente pragmáticos, lo importante sería que un *software* que sea utilizado en educación realmente colabore con el aprendizaje del estudiante, más allá de definiciones o clasificaciones. Antes de utilizar un *software* para apoyar la actividad docente y por consecuencia el aprendizaje, se debe elaborar o buscar uno ya hecho, para lo cual es necesario considerar un sin fin de aspectos, entre ellos:

- A quiénes va dirigido el material (edad, nivel de estudios, antecedentes del tema, etc.)
- Las circunstancias en las que se presentará el material:
 - Si el material será utilizado por el maestro en su exposición, en cuyo caso tendrá que considerarse el tiempo de exposición, el momento que se presentará el material, si será utilizado como introducción, inducción, con fines explicativos, para representar algún fenómeno, para profundizar en un tema, etc. Esto significa que se debe tener una planeación adecuada.
 - Si será utilizado por los alumnos, si es así, dónde lo utilizarán, en el aula, en un laboratorio de cómputo, o fuera de la escuela, en casa, café Internet, etc.), considerar si requieren imprimir, tiempo de revisión, *software* especiales o de difícil acceso, Internet, etc.
- Los objetivos de la experiencia de aprendizaje, tema, profundidad, etc.

Entonces, dependiendo el uso que se le vaya a dar, el *software* se puede utilizar según Gándara (1997) para:

- Elaborar materiales de apoyo para uso sin la computadora.
- Apoyar en la presentación del docente (o los alumnos) con la computadora.
- Apoyar a la enseñanza aprendizaje con la computadora.
- Apoyar a la autoinstrucción con la computadora

El primer caso se refiere a la elaboración de materiales con apoyo de la computadora, pero que no requiere de la misma para el empleo del material, aquí se considera, la recopilación de información, elaboración de escritos, imágenes, exámenes, gráficas, crucigramas, entre otros; dichos materiales pueden ser repartidos entre los alumnos o bien para usarse por otro medio (acetatos, carteles, etc.).

En el caso de apoyo en las presentaciones, la computadora y los *softwares* educativos puede servir para presentar información o imágenes, por ejemplo en el caso de conceptos abstractos o muy complicados, permitiendo su comprensión, por ejemplo cuestiones de geometría molecular. Para este empleo se requerirá un proyector o bien un televisor. Este apoyo al igual que el anterior, es de mayor aplicación para el docente, esto es un apoyo de enseñanza.

La tercera orientación está relacionada con la visión tradicional que se tiene del empleo de la computadora para coadyuvar en el proceso enseñanza aprendizaje, más orientado hacia el aprendizaje ya que el alumno utilizará la computadora y el *software* dentro de un laboratorio de cómputo, usualmente un alumno con una computadora o bien una computadora para un grupo pequeño de alumnos.

Es la última opción la correspondiente a la autoinstrucción, ya que el *software* se utiliza de forma autodidáctica, de preferencia se debe contar con una computadora por alumno y se lleva a cabo generalmente fuera del ámbito escolar. Entonces dicho *software* contiene todos los elementos necesarios para la experiencia de aprendizaje de tal manera que puede ser utilizado sin necesidad de la intervención del docente, por lo que se le considera como un *software* autónomo. Tal es el caso del material para la educación a distancia.

Ahora bien, el *software* que será utilizado en alguna de las formas antes descritas o alguna otra no descrita, puede ser:

<i>Software</i> de apoyo a la instrucción	Es el <i>software</i> utilizado para crear material didáctico con uso o no de la computadora, estos materiales pueden ser: acetatos, carteles, presentaciones en PowerPoint, etc. Son utilizados por el profesor dentro del aula.
<i>Software</i> explícitamente instruccional	Típicamente relacionado al currículum, con una secuencia óptima y contenido específico, especial para un nivel de escolaridad, puede o no utilizarse de manera autodidacta, como: tutoriales, practicadores y memorizadotes, presentadores de contenido lineal (“pasapáginas”) o mediante hipertexto (tutorial de PowerPoint), <i>software</i> para trabajo en grupo, hipertextos/hipermedios sobre contenidos específicos, de exploración libre, simuladores de contenido específico, incluyendo aplicaciones de robótica
Herramientas para aprendizaje por exploración/simulación	Pueden ser sobre alguna área específica pero sin un contenido predeterminado, ni dirigido a un nivel en especial. Se adaptan a diversos contenidos y habilidades. Se tienen entre varios paquetes de simulación a: Stella (http://www.iseesystems.com), Interactive Physics http://www.physicscurriculum.com/interactive_physics.htm , o Lab View (http://www.ni.com/labview).
Juegos	Aquí los programas se aplican a varios niveles y contextos, haciendo énfasis en el aspecto lúdico, más que en contenidos o habilidades.
Herramientas de autoría	Programas para crear nuevos programas educativos o de aplicación educativa.
Bases de datos	Otra herramienta computacional de apoyo a la enseñanza serían las bases de datos, a través de las cuales se puede acceder a una fuente enorme de información. Las más utilizadas son las se emplean a través de los buscadores en Internet.

EL INTERNET Y LA WEB

Dentro del uso de materiales multimedios con la finalidad de apoyar el aprendizaje se encuentra el uso de Internet. Este material se decidió colocar aparte ya que puede participar como cualquiera de los tipos de *software* vistos anteriormente debido a la oferta con que se cuenta en la Internet. El tipo de uso para esta herramienta de comunicación puede ser:

- Dentro del espacio escolar:
 - búsqueda de información
 - presentación de información, animaciones o simuladores de acceso exclusivo por Internet, con apoyo de computadora y proyector dentro del aula o bien en un laboratorio de cómputo.

- Fuera de la escuela:
 - Para búsqueda de información, de parte del alumno y del profesor.
 - Foros de discusión
 - Consulta de material de apoyo en línea para algún tema específico.

En general se tiene mayor posibilidad de presentación de imágenes, texto, sonido, video e interacción, acceso a información, posibilidades de aprendizaje colaborativo con personas en sitios distantes, dentro y fuera del país; no hay límite de espacios u horarios; generalmente resulta altamente motivacional, y se tiene acceso sencillo a la información (42).

1.4 El *software* educativo en la visión constructivista.

1. El *software* educativo está constituido por “programas que tienen una función didáctica y que están basados en métodos de aprendizaje en los cuales la computadora es el principal sistema de enseñanza” (25). Ya se habló de los fundamentos que enmarcan una enseñanza constructivista, los cuales también deben guiar las acciones de enseñanza que se lleven a cabo dentro y fuera del salón de clases. Dentro de estas acciones están los materiales que el docente utilice como apoyo, que en el caso particular de esta tesis, es justamente el *software* educativo. Para que un *software* educativo realmente sea útil dentro de la enseñanza, la computadora y el *software* educativo deben aportar las ventajas que señala Orlik (2002):
2. Facilitar el trabajo educativo, no complicarlo.
3. Aumentar la motivación de los estudiantes.
4. Brindar al estudiante control en su trabajo y aprendizaje.
5. Dar una oportunidad avanzada para la comunicación educativa.
6. Auxiliar al estudiante con las dificultades en el aprendizaje.
7. Proporcionar interactividad.
8. Repetir explicaciones cada vez que lo requiera el alumno.

Estas aportaciones de los *softwares* educativos que señala Orlik (2002) es la que en ocasiones no se encuentra en los *softwares* comerciales, a los cuales se les procura un diseño gráfico muy bonito y con mucha información pero que no reúnen características que los hagan funcionales como apoyo a la enseñanza y al aprendizaje.

Para que un *software* realmente pueda ser nombrado como educativo, debe ser capaz de desempeñar diversas funciones entre las que se cuentan (Vilchis, 2005): posibilidad de presentar situaciones apegadas a la realidad; utilizar animaciones o simulaciones hechas en computadora con la finalidad de presentar a los alumnos situaciones imposibles de ver (como el caso de modelado molecular) o bien para repetir varias veces algún fenómeno (alguna reacción, etc.); para facilitar la comprensión de un fenómeno complejo o que no puede ser observado a simple vista, por ejemplo una explicación sobre el enlace químico; como fuente ilimitada de información; la individualización, donde el alumno tiene el control del programa con lo que puede tomar decisiones, las repeticiones que requiera, utilizarlo en cualquier momento, sin límites de horario, así también la cantidad de trabajo; controlar la interacción, donde el estudiante toma las decisiones y asume consecuencias. Además de lo anterior otra función es el andamiaje, esto es, algunos programas pueden estar preparados para asistir al estudiante en la medida que lo solicite. Además, si el programa puede presentar el material de manera visual

y auditiva, puede potenciar el aprendizaje al utilizar dos canales de comunicación de manera simultánea. (Mayer, 2003)

Algunas de las características mencionadas guardan relación con algunos de los conceptos básicos del constructivismo que señala Glatthorn (1994). En la siguiente tabla se muestran algunas de estas relaciones.

Tabla 3

Conceptos básicos del constructivismo	Características del <i>software</i> educativo
El aprendizaje es un proceso activo. Se lleva a cabo una tarea cognoscitiva donde es necesaria la utilización y aplicación de conocimientos.	La simulación. El estudiante se enfrenta a nuevas situaciones, con varias posibilidades de acción.
Cuando el estudiante se enfrenta a nuevas situaciones requiere la aplicación de los conocimientos que posee, máximo si existen varias posibles soluciones. La aplicación de los conocimientos adquiridos de una forma fructífera es la cuarta de las características que Posner, Strike, Hewson y Gertzog (1982) incluyen dentro del cambio conceptual.	
El aprendizaje se favorece al implicar cambios conceptuales. El proceso de aprendizaje permite al alumno modificar la concepción previa para lograr una comprensión más profunda del concepto.	La simulación. El estudiante se enfrenta a nuevas situaciones, con varias posibilidades de acción.
Al enfrentarse a situaciones nuevas, el alumno requerirá, de ser necesario, transformar o dar menos validez a sus concepciones previas con el fin de dar solución a la situación planteada.	
El aprendizaje debe estar contextualizado. Entre más se parezcan los problemas planteados a la vida real, los alumnos aprenden mejor.	Situaciones realistas. Se presentan al estudiante situaciones extraídas de la realidad.
Si los problemas presentados son semejantes a la realidad el aprendizaje se maximiza.	
El desarrollo del alumno influye en el aprendizaje. Las soluciones deben ser un reto, que requieran esfuerzo, pero que sean siempre metas alcanzables.	El andamiaje. Los programas pueden estar preparados para asistir al estudiante en la medida que lo requiera.
Durante la solución de algún problema es importante que el estudiante esté en posibilidad de llegar a la meta para lo cual pueden ser necesarios algunos apoyos.	
La naturaleza del trabajo de aprendizaje. Se debe buscar para el alumno: la optimización de su desarrollo, dar relevancia de sus necesidades, que represente una novedad y un reto.	La individualización. El estudiante decide el ritmo de trabajo y la cantidad de repeticiones que necesite. Además el programa puede presentar el material de manera visual y auditiva, con lo que respeta el tipo de aprendizaje del estudiante.
Cuando el alumno puede decidir el ritmo de trabajo, repeticiones, etc. se cubren algunas de sus necesidades durante su aprendizaje.	

1.5 Experiencias con *software* educativo.

Las personas recibimos y procesamos la información por tres vías: visual, auditiva y sensitiva. En un salón de clase, muchas veces recibimos la información por vía auditiva y en ocasiones visual, pero en pocas ocasiones ambas; por ejemplo al leer un libro, la información se percibe por vía visual. En el caso de la computadora se pueden integrar los tres aspectos, y aún al incorporar únicamente dos de ellos (animación y narración), el aprendizaje es mayor cómo lo demuestran diversos experimentos. (Mayer, 2003).

Si consideramos que el aprendizaje es un proceso activo, en el que los estudiantes están modificando sus ideas con base en sus experiencias, el empleo de la computadora debe colaborar con ello. Tener una actitud activa y lograr un aprendizaje producto de la actividad, son cosas distintas, al menos para cuando los alumnos trabajan frente a una computadora. El mejor ejemplo de esto lo señala Richard E. Mayer (2001) quien sostiene que el aprendizaje activo difiere de una actitud activa durante el proceso de aprendizaje; hace la comparación con dos estudiantes, Alan y Brian; Alan está frente a una computadora tecleando respuestas a los tutoriales presentados por un *software*, al teclear una respuesta errónea, automáticamente el programa da la respuesta correcta; sin duda alguna, Alan se mantiene activo mientras resuelve el tutorial; mientras que Brian al escuchar la explicación de una animación que está observando, al mismo tiempo trata de organizar secuencial y mentalmente la información, Brian parecería inactivo puesto que sólo está sentado frente a la computadora, pero cognitivamente está activo porque trata de darle sentido a la presentación; de este modo, Mayer explica que el comportamiento activo no garantiza un aprendizaje adecuado, pues al tener las manos ocupadas, como es el caso de los juegos de computadora altamente interactivos, no necesariamente se promueve un proceso cognitivo activo. Aquí tiene cabida lo señalado por Shiland (1999): “el aprendizaje requiere actividad mental”. Esto es, en toda forma de enseñanza debe estar presente la actividad mental, lo que no es igual a una actividad meramente física.

Existen muchos ejemplos de la utilización de la computadora y el Internet en el ámbito escolar; va desde el empleo de un procesador de palabras hasta el Internet. Sin embargo, este uso puede o no ser parte de la planeación del profesor, por ejemplo, el alumno consulta Internet para obtener algún tipo de información, sin que esta acción haya sido requerida directamente por su profesor, así también el alumno y el profesor pueden utilizar la computadora como una máquina de escribir, con la finalidad de presentar de forma más práctica un documento. Esto marca una diferencia en el impacto de estas herramientas dentro del aula, por ello la

incorporación de la computadora y sus diferentes programas debe ser de forma planificada con la finalidad de obtener las mayores ganancias. Esto lo señala Varcárcel y Tejedor (1996) “Es necesario integrar las Nuevas Tecnologías en un programa educativo bien fundamentado para hacer un uso pedagógico de las mismas ya que son las metas, los objetivos, contenidos y metodología lo que les permite adquirir un sentido educativo. Es más, un programa que incorpore nuevas tecnologías debe ser examinado considerando los sujetos que van a utilizarlo y los contextos de trabajo donde habrán de operar pedagógicamente.” Lo anterior nos indica que cuando se quiere utilizar nuevas tecnologías en trabajo docente, igual que se hace con cualquier apoyo didáctico, es necesario que se haga con una planeación adecuada, tomando en cuenta los objetivos, el programa de la materia, el tiempo, los recursos y por supuesto a los alumnos a quien va dirigido (edad, nivel de escolaridad, conocimientos previos, etc.)

Actualmente se tienen muchos ejemplos de la incorporación de *software* al ámbito escolar, ya sea dentro del aula, en casa o en laboratorios de cómputo, donde los alumnos trabajan de manera individual o en equipo. Así, en el trabajo realizado por Cole (2003) con alumnos universitarios de Química General, donde subieron una serie de ejercicios a Internet, los cuales eran muy similares a como se presentan en los libros; aun así se encontró que los estudiantes mejoraron su desempeño y se mostraban más interesados en realizar los ejercicios.

Otro ejemplo es el realizado por Yang, Greenbowe y Andre (2004) donde se hizo un estudio comparativo para enseñar el tema de baterías (electroquímica), en el laboratorio tradicional y mediante el uso de un *software* interactivo con una animación del fenómeno. Se encontró que los alumnos que hicieron trabajo de laboratorio tradicional presentaron un mayor número de errores conceptuales que los alumnos que utilizaron el *software*.

En el mismo sentido, Seale y Cann (2000), trabajaron con alumnos de nivel universitario utilizando dos tutoriales para ayudar a la reflexión de los estudiantes. En sus conclusiones los autores indican que los *softwares* utilizados resultaban útiles para ayudar a los estudiantes en el proceso de reflexión.

Un trabajo encaminado hacia el punto de vista de los docentes es el elaborado por Barak (2007) donde varios profesores de Química incorporaron a su trabajo cotidiano con sus estudiantes nuevas tecnologías de información y comunicación (ICT), como son: Internet, foros de discusión, animaciones. La mayoría de los profesores encontraron ventajas con esta forma de trabajo, entre ellas: mejor aprendizaje y comprensión de los estudiantes, se aumentan las interacciones instructor – estudiantes y las interacciones entre estudiantes; algo notable es que

antes de incorporar esta forma de trabajo 45% de los profesores mostraban ya actitudes positivas y 55 tenían actitudes negativas hacia el uso de la Web en la enseñanza; para el final de la investigación el 80% de los docentes continuarán utilizando en su enseñanza las ICT.

Boiani y colaboradores (2004) como una solución a problemas educativos como la masificación o la dificultad inherente a la Química incorporaron la modelación molecular como herramienta didáctica, para lograr, de manera sencilla, “desplegar gráficamente las propiedades y el comportamiento de los sistemas químicos, explorando la química en una forma más integrada, interactiva, atractiva y totalmente nueva”. En sus conclusiones manifiestan que existe muy buena receptividad y motivación en los alumnos, facilitando además la comprensión de los temas trabajados.

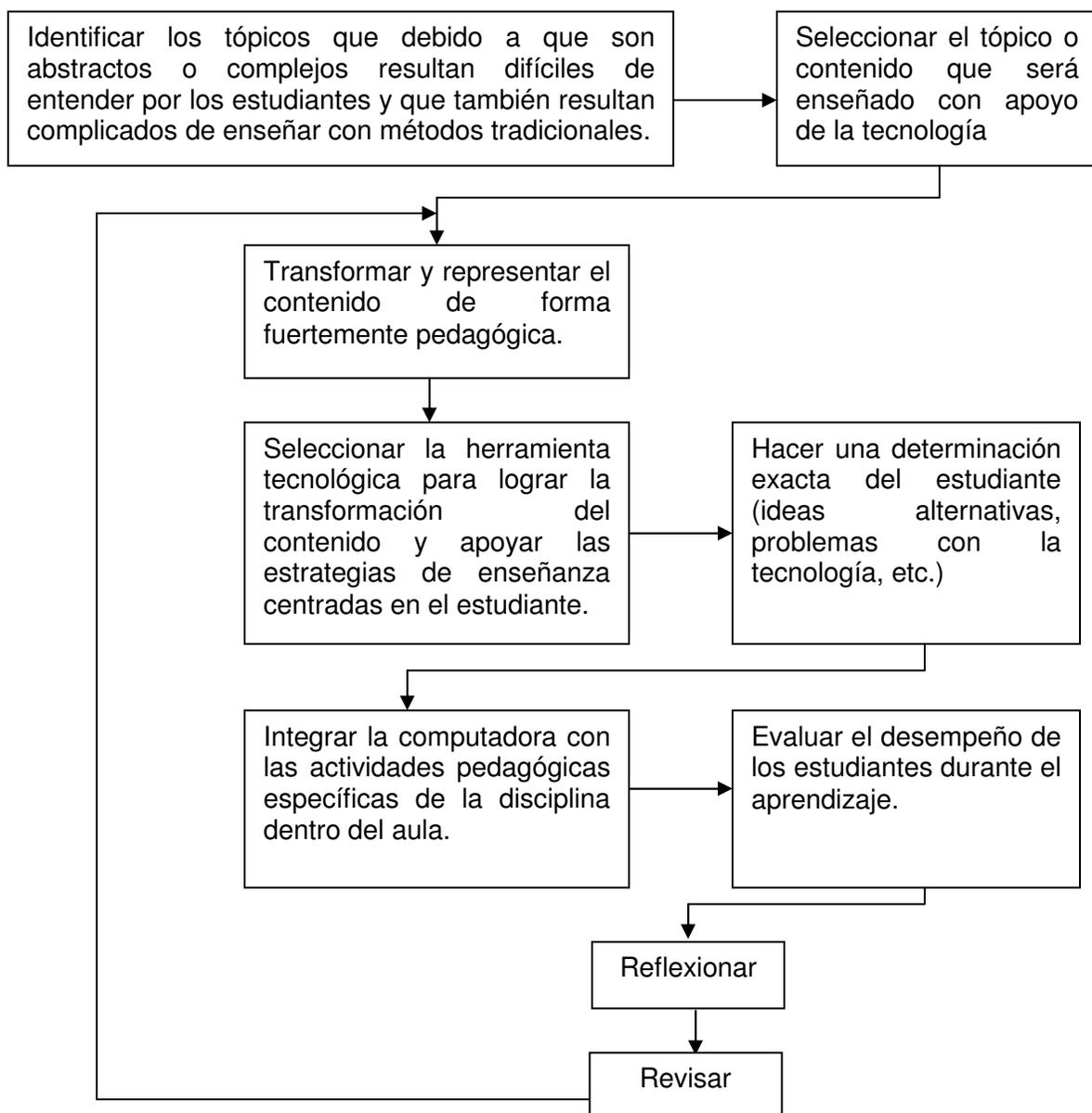
Más ejemplos de la incorporación de material didáctico elaborado en computadora los encontramos en los trabajos de: Apperson, Laws y Scepanisky (2006); Yang, Greenbowe y Andre (2004); Cole y Todd (2003); Susskind (2005) y Angeli (2005).

Estos son algunos ejemplos de muy diversas formas de trabajo con computadoras, desde foros de discusión por Internet, tutorales y hasta animaciones. Como se pudo apreciar, existe interés de incorporar la computadora al trabajo escolar, tanto dentro como fuera de las paredes del salón de clases. En general esta nueva herramienta ha traído beneficios con su empleo, aún cuando se requiere mucha más investigación sobre sus repercusiones en el aprendizaje, para ello es necesario, primero poseer el material para luego aplicarlo y finalmente evaluarlo. Así en esta tesis se encuentra la elaboración de un nuevo material que se espera sea de utilidad para los estudiantes de bachillerato; se decidió iniciar la elaboración del sitio con el tema de enlaces debido a que este tema es central dentro de la Química, opinión basada en la experiencia de la autora, pero además por Gillespie (1997) y García Franco y Garritz, (2006), entre otros autores. El sitio Web está disponible en la URL: <http://depa.pquim.unam.mx/quimicaIII>. Así hasta este momento el *software* cubre el tema de enlaces principalmente; este material presenta animaciones, con cierto grado de interactividad, información general, todo en un ambiente que se espera sea agradable a los alumnos. Todo con la finalidad de apoyar al estudiante en la construcción de su conocimiento, permitiéndole llevar el aprendizaje a su propio ritmo, apoyándole en conceptos que requieren un grado de abstracción que no posea el estudiante, así también se busca que el estudiante no genere ideas alternativas y pueda resolver dudas, todo con un ambiente agradable que lo motive al estudio de los temas que se presentan.

En el próximo capítulo se explican que parámetros se consideraron para el desarrollo del *software*, los programas que fueron utilizados, así como los requerimientos técnicos para la página desarrollada.

CAPÍTULO 2 ELABORACIÓN DEL SOFTWARE EDUCATIVO SOBRE EL TEMA DE ENLACE QUÍMICO

El *software* elaborado está organizado para que sea una herramienta útil para los alumnos y maestros del nivel medio superior. Para la realización del mismo, primero se determinaron los temas a incluir en la página; posteriormente se hizo una revisión del tema en Internet con la finalidad de observar qué tipo de información está disponible en la red, así como las diversas formas de explicación sobre el tema; posteriormente se llevó a cabo la elaboración del guión y finalmente la realización de las animaciones y de la página en general. Este procedimiento de elaboración de *software* coincide con el modelo Instructional Systems Design por sus iniciales ISD, que indica:



Como se observó en el diagrama anterior, las fases del ISD incluyen desde la elección de los temas hasta la evaluación. En el presente trabajo se llevaron a cabo todas las fases que se muestran en el diagrama. A continuación se presenta el desarrollo de cada parte antes mencionada.

2.1 Descripción de los temas incluidos en el *software* educativo.

Esta parte del capítulo 2 incluye:

2.1.1 Los criterios tomados en cuenta para la elección del tema.

2.1.2 Alcances del *software* educativo en el tema de enlaces

2.1.1 Los criterios tomados en cuenta para la elección del tema

La elección del tema de enlaces se llevó a cabo con base en los siguientes criterios:

- Experiencia docente de la autora. Aquí se consideró como parte de la experiencia docente la revisión del “Núcleo de conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM” y los programas de las asignaturas relacionadas con Química dentro de los Planes de Estudio de la Escuela Nacional Preparatoria y del Colegio de Ciencias y Humanidades, ambos pertenecientes a la UNAM.
- Investigación bibliográfica sobre la enseñanza del tema de enlace químico

Experiencia docente.

Durante el desempeño como docente a nivel bachillerato es común encontrarse que el tema de enlaces es un tema difícil para los alumnos, tan complicado como importante. Además, dentro del trabajo docente se toman en cuenta documentos que orientan sobre los temas y la profundidad con que deben ser abordados, entre dichos documentos están el plan de estudios y el programa de la asignatura, pero también algunos otros documentos como es el Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM, en el cual se explica cuáles son los conocimientos deseables que un egresado de las preparatorias de la UNAM tendría que poseer. Además del documento anterior, se tomaron en cuenta el programa de la Escuela Nacional Preparatoria y del Colegio de Ciencias y Humanidades pertenecientes a la UNAM, con la finalidad de analizar la trascendencia del tema de enlace químico dentro de la formación preuniversitaria de los estudiantes y determinar la profundidad con que se abordaría este tema dentro de la página.

Revisión del plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM.

Dentro del plan de estudios del CCH (Colegio de Ciencias y Humanidades) las asignaturas que se relacionan con Química son las siguientes:

Química se imparte en el primero y segundo semestre como Química I y Química II respectivamente, además se pueden elegir como optativas en el quinto y sexto semestre, Química III y Química IV respectivamente.

En la asignatura Química I, se hace una breve introducción al tema de enlace en la Unidad 1; posteriormente se hace una revisión más profunda en la Unidad 2, donde se habla de las características del modelo de enlace covalente polar y no polar y del modelo de enlace iónico y se hace clasificación de los mismos. Se menciona dentro de los aprendizajes “Clasifica los enlaces en iónico, covalente no polar y covalente polar con base en la diferencia de electronegatividad. Determina el tipo de enlace que se forma entre dos átomos a partir de sus valores de electronegatividad. Elabora modelos que representen compuestos con enlaces iónicos y covalentes.”

En cambio en la asignatura Química II, en la Unidad 1, se profundiza en el enlace iónico, se tratan las características del enlace y se mencionan a los cristales. En este apartado se indica que al terminar el tema el alumno: “Describe las características del enlace iónico. Reconoce la existencia de fuerzas de atracción eléctrica entre cationes y aniones denominadas enlace iónico. Explica, empleando modelos tridimensionales, por qué buena parte de las sales son solubles y por qué conducen la electricidad cuando están disueltas. Establece la relación entre las propiedades observadas en las sales y el enlace iónico.” En la Unidad 2 se hace una revisión sobre enlace covalente, que sirve de fundamento para estudiar enlaces sencillos, dobles y triples, en el carbono.

En las demás asignaturas se habla también de enlace químico, sin embargo, su enfoque sale de los temas centrales de la página a desarrollar.

A continuación se revisarán los programas de las asignaturas relacionadas con Química dentro del plan de estudios de la Escuela Nacional Preparatoria.

A continuación se revisarán los programas de las asignaturas relacionadas con Química dentro del plan de estudios de la Escuela Nacional Preparatoria.

Revisión del Programa de la Asignatura de Química III, dentro del plan de estudios vigente para la Escuela Nacional Preparatoria de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La asignatura de Química III es la única de carácter obligatorio para **todos** los alumnos que cursan el bachillerato en la Escuela Nacional Preparatoria, se imparte en el segundo año según el plan de estudios correspondiente. Esta asignatura está dividida en 5 Unidades, dentro de las cuales el tema de enlace químico se trata de la siguiente manera:

- Modelo de enlace covalente. Unidad 2, parte 2.2, punto 2.2.4, Se retoma enlace covalente polar y no polar. Unidad 3, parte 3.3, punto 3.3.4
- Modelo de enlace iónico y metálico. Unidad 4, parte 4.1, punto 4.1.3

Como se observa el tema de enlace químico se aborda a lo largo de tres unidades, además en la Unidad 4 el tema de enlace iónico se encuentra dentro de temas que hablan sobre materiales de la corteza terrestre, entre ellos los cristales.

Así el tema de enlaces es un tema importante dentro de este programa pues más allá del tiempo que se le considera es una parte central para entender diversos comportamientos de la materia, en especial del agua y propiedades como tensión superficial, capacidad calorífica, etc.

Por otra parte para los alumnos que decidieron cursar el Área II el tema de enlace químico se encuentra en:

Unidad 2 Química para entender los procesos de la vida, Punto 2.1 Conceptos fundamentales, parte 2.1.5. Relación entre electronegatividad y tipos de enlace. En este punto la descripción de contenido indica: “se relaciona la electronegatividad con los tipos de enlace: iónico, covalente no polar y covalente polar”.

Y para el Área I, el tema de enlaces se considera en:

Unidad 3. Fundamentos de Química Orgánica, subunidad 3.1 Conceptos fundamentales, parte 3.1.5. Relación entre electronegatividad y tipos de enlace. En cuanto a la descripción de contenido se señala que: “se relaciona la electronegatividad con los tipos de enlace: iónico, covalente no polar y covalente polar.”

Como se pudo leer en los párrafos anteriores, tanto en el Área I como en el Área II, el tema de enlace es fundamental.

A continuación se hará una breve explicación de los conocimientos que un alumno egresado del bachillerato de la UNAM debería poseer.

Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM

Cuando un alumno egresa del bachillerato, debe tener conocimiento sobre diversos temas centrales del área de la Química, y que para el caso del bachillerato de la UNAM, dichos temas se describen en el “Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM” (2000), de los cuales se resumen a continuación los que corresponden al área de Química y únicamente los desempeños de carácter general¹:

1. Aspectos generales.
2. Materia y energía.
3. Estructura de la materia y tabla periódica.
4. Unión química.
 - 4.1. Conoce los modelos que explican la forma mediante la cual se unen los átomos para formar moléculas.
 - 4.2. Explica cómo los electrones de valencia forman enlaces.
 - 4.3. Utiliza la regla del octeto de Lewis para representar los enlaces en algunas moléculas.
 - 4.4. Describe las características de los enlaces metálico, iónico, covalente polar, covalente no polar y coordinado.
 - 4.5. Explica el concepto de ion y las propiedades de los compuestos iónicos en solución acuosa. Comprende el concepto de electrolito.
 - 4.6. Explica las propiedades de los compuestos polares y no polares en los procesos de disolución acuosa.
 - 4.7. Explica el concepto de electronegatividad y utiliza la escala de Pauling para predecir el carácter que puede tener un determinado enlace.
 - 4.8. Explica el puente de hidrógeno y lo relaciona con las propiedades físicas del agua.
5. Reacciones químicas
6. Aplicaciones de la química.

¹ Se debe aclarar que en el Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar al Bachillerato de la UNAM, se describen desempeños generales y propedéuticos, los desempeños generales se refieren a los desempeños que deben poseer todos los egresados del bachillerato; en cambio los desempeños propedéuticos son básicos para los alumnos que cursarán alguna carrera como Medicina, Biología, Odontología o del área de la Química.

Una vez que se revisaron todos los documentos anteriores y con el apoyo de la experiencia docente personal, se decidió enfocar el *software* hacia el tema de enlaces, ya que es un tema complejo, difícil de explicar y de comprender, además de que, como se pudo observar, es un tema central en el alumno egresado del bachillerato de la UNAM.

Investigación bibliográfica sobre la enseñanza del tema de enlace químico.

Cualquier persona que sea docente de ciencias reconoce que el tema de enlace químico es altamente difícil de explicar para los alumnos de todos los niveles; en este caso, se hará referencia específicamente a los alumnos de bachillerato. García Franco y Garritz (2006) mencionan (las cursivas son nuestras): “el concepto de enlace químico es considerado crucial dentro de la química, ya que de su correcta comprensión depende que el estudiante pueda desarrollar con éxito otras áreas de esta ciencia e incluso de la biología. Dice Linus Pauling (1992) explícitamente que *‘el concepto de enlace químico es el concepto más valioso en química. Su desarrollo en los pasados 150 años ha sido uno de los grandes triunfos del intelecto humano’*. Ronald Gillespie (1997) califica al enlace químico como una de las seis grandes ideas de la química. Sin embargo, muchos miembros de la comunidad química comparten la idea de Kutzelnigg (1984), quien indica que *‘el enlace químico es un fenómeno altamente complejo que elude todos los intentos de una descripción sencilla’*. Una primera conclusión es que el tema del enlace químico resulta ser importante, aunque complejo”.

Para profundizar un poco más en lo señalado por Gillespie (1997) este autor indica que para un nivel introductorio es suficiente describir al enlace iónico como producto de atracciones electrostáticas entre iones y que el enlace covalente es resultado de un par de electrones compartidos que son atraídos por dos átomos. Lo anterior coincide con las explicaciones de la página donde para el modelo de enlace covalente se explica cómo dos átomos comparten un par de electrones y en el caso del modelo iónico cómo intervienen iones y las fuerzas electrostáticas relacionadas, la cuales a su vez también poseen una explicación aparte.

Dentro de la revisión bibliográfica del tema se llevó a cabo una revisión en libros con la finalidad de comparar las definiciones encontradas y dar solidez a lo expresado en el material realizado, esta investigación se encuentra detallada en el capítulo 3.

Además se hizo una búsqueda en revistas con la finalidad de conocer la profundidad con que diferentes maestros tocan el tema de enlaces en el nivel bachillerato y constatar las estrategias utilizadas. Así en este sentido, podemos encontrar a Johnson y Yalkowsky (2002), que señalan que dentro de la enseñanza del tema de enlace químico se han hecho diversas propuestas que involucran a los diferentes modelos que dan explicación al enlace químico, dependiendo en la

mayoría de los casos del nivel educativo del se habla. Y proponen el uso de un modelo tridimensional para el agua en el cual se representa de manera tangible a la molécula de agua y a través del se pretende explicar algunas de las propiedades del agua.

En este mismo sentido Criswell (2006) indica lo complejo que resulta para los alumnos interiorizar los principios básicos del enlace químico, por lo que presenta un par de actividades de laboratorio diseñadas para que los alumnos interioricen algunos de los principios básicos del enlace químico. La primera actividad tiene por meta el introducir a los estudiantes las diferencias entre el enlace iónico y el enlace covalente a través de la reacción de diversos compuestos con un gel de poliacrilato de sodio. La segunda actividad, consistente en varias reacciones, apoya a los estudiantes en la relación entre las familias de la tabla periódica y como se enlazan esos elementos.

Sobre el tema Taagepera, Arasasingham, Potter, Soroudi y Lam (2002) explican que el concepto de enlace posee algunas características que dificultan su aprendizaje, entre ellas, que envuelve un modelo teórico que requiere de que los alumnos interpreten observaciones y que muchas veces se asume que los alumnos logran hacer la inferencia. El trabajo que se presentan consiste en una serie de exámenes, a partir de los cuales se evaluaron las respuestas para conocer la organización mental del material que hacen los alumnos, esto se realizó mediante el uso de "*knowledge space theory*" (KST). La investigación realizada indica que se requiere más tiempo para que el alumno realice las conexiones entre los conceptos del enlace químico, pero además se necesita más tiempo de enseñanza de los aspectos fundamentales del enlace químico. Además de los resultados obtenidos, los autores mencionan que el mismo KST puede ser utilizado en la enseñanza del enlace químico.

Los trabajos mencionados son algunos ejemplos del manejo que se le da al tema de enlace al momento de la enseñanza, especialmente en el nivel bachillerato o en cursos introductorios superiores. Estos trabajos fueron muy útiles para la elaboración del material ya que fue tomada en cuenta la forma de enseñanza y el fundamento para ello en cada uno de los artículos leídos.

Con toda la revisión hecha se decidió tratar este tema tan difícil de explicar con apoyo de animaciones ya que se considera que esto permitirá al alumno comprender mejor el enlace químico, a través de motivar su imaginación con la ayuda de imágenes. Anteriormente, el término visualización hacía referencia a la imaginación; actualmente esto está cambiando. Este término se aplica a las imágenes que motivan la experiencia visual y la imaginación. Estas imágenes apoyan la memoria visual y los procesos de pensamiento, se pueden utilizar para

conceptos complejos, representar interacciones moleculares y en general las cosas que son complicadas de describir con palabras. Por ejemplo, las imágenes pueden mostrar el mecanismo por el cual los iones pasan por una membrana o cómo el calor afecta la reactividad de las moléculas. Se ha visto que los estudiantes que aprenden a partir de una imagen atienden a las características relevantes y entienden cómo demostrar nuevos conceptos (Jones, 2005). En el caso de la presente tesis, las imágenes (en movimiento y no) fueron utilizadas para representar a los modelos de enlace iónico y covalente, además de otras explicaciones implicadas en este tema.

Otro aspecto que se consideró para la elaboración de la página fueron las ideas alternativas en los estudiantes, de las cuales Peterson y Treagust (1989) señalan que el 23% de los estudiantes están de acuerdo en que el par electrónico que forma el enlace se comparte de igual manera en todos los enlaces covalentes, así también el 23% consideran que las fuerzas intermoleculares son fuerzas al interior de cada molécula y el 33% considera que, debido a las fuerzas intermoleculares en un enlace covalente, las moléculas forman una especie de sólido continuo, como una red, sin marcar diferencias en la fuerza de un enlace y de una fuerza intermolecular. Tomando en cuenta estas ideas alternativas se presentaron animaciones sobre el modelo de enlace covalente mostrando un par electrónico en movimiento, poniendo énfasis en que la probabilidad de encontrarlo más cerca del átomo más electronegativo es mayor que del átomo menos electronegativo, que es el caso del modelo de enlace covalente polar, marcando clara diferencia con el enlace covalente no polar donde se indica que las electronegatividades de los átomos que forman el enlace son iguales y que por ende la probabilidad de encontrar el par electrónico más cerca de uno de los átomos del enlace que del otro es la misma. Además, se añade una explicación sobre la formación de nubes electrónicas con lo que se reafirma la diferencia entre estos modelos.

Algunas otras ideas alternativas, que no son directamente sobre enlace químico pero que para ser aclaradas requieren un adecuado manejo de los modelos de enlace, son las ideas alternativas que tienen que ver con la forma de la molécula, la cual en ocasiones es relacionada por el estudiante con la polaridad del enlace (Birk y Kurtz, 1999).

Una idea alternativa señalada en (Gillespie, 1997) es que los estudiantes consideran la existencia de una molécula discreta de un compuesto iónico, ignorando la formación de cristales. Esta idea se ha buscado evitar a través de la presentación del modelo de enlace iónico donde en cada parte de la página se hace referencia, por escrito y con imágenes y animaciones, la existencia de redes cristalinas. Además se describe explícitamente el acomodo

de los iones dentro de un cristal y se explica por qué no puede existir una molécula discreta de un compuesto iónico.

2.1.2 Alcances del software educativo en el tema de enlaces

Con la finalidad de acotar la profundidad para abordar el tema de enlace químico, se decidió hablar únicamente del modelo de enlace iónico y enlace covalente, tratando de dar una explicación clara a cada uno, pero tocando también algunos temas muy relacionados como son electronegatividad, características de las sustancias, etc. En los próximos párrafos se hace una descripción acerca de cómo se abordaron ambos modelos. Y en la unidad 3 se profundiza sobre los aspectos químicos presentados en la página.

Dentro del modelo de enlace iónico.

Para iniciar el tema de enlace se busca que el alumno tenga una idea de lo que es un modelo en ciencias naturales y partir de ahí para explicar que el enlace químico se representa a través de modelos, de los cuales se presentan en la página únicamente los modelos de enlace covalente y de enlace iónico. Los alcances que se buscan con el *software* coinciden de manera general con García Franco y Garritz (2006) en su propuesta didáctica señalan:

“Las aplicaciones del modelo iónico a las que se pretende llegar son:

- Los cristales iónicos presentan, en general, altos puntos de fusión debido a las fuerzas electrostáticas multidireccionales existentes entre los iones, que son fuertes.
- Los cristales iónicos se fracturan al someterlos a una fuerza mecánica, pues se forman planos de repulsión iónica.
- Los cristales iónicos no conducen la electricidad en estado sólido, pero sí lo hacen fundidos, debido a la presencia de iones móviles.
- Los cristales iónicos, al disolverse en agua, conducen la electricidad a través de sus iones disociados.”

Para tratar de dar una explicación lo más adecuada posible, aunado al texto anterior, también se tomó en cuenta lo señalado por Taber (1994), quien indica que los estudiantes explican

erróneamente el enlace iónico basándose en tres conjeturas: de la valencia, histórica y de solamente fuerzas:

- **La conjetura de la *valencia*:** el número de enlaces iónicos depende de la valencia. Por ejemplo en el cloruro de sodio sólo se puede formar un enlace iónico debido a que el ion sodio posee una carga $1+$ y el ion cloruro $1-$.
- **La conjetura *histórica*:** el enlace se lleva a cabo mediante el átomo que perdió uno o más electrones y el átomo que ganó el o los electrones, no se forma enlace con otros iones de la malla.
- **La conjetura de *solamente fuerzas*:** Existe enlace entre los iones involucrados en la pérdida y ganancia electrónica, mientras que con los demás iones que forman la red cristalina existen únicamente interacciones menores entre los iones de cargas opuestas.

Por ello en la página se buscó no propagar las ideas anteriores con la finalidad de no fomentar ideas alternativas en los estudiantes. Así también, el mismo Taber indica que en el momento de la enseñanza se pone especial atención en la transferencia electrónica y se ignora la estructura cristalina de los compuestos iónicos y las interacciones múltiples entre todos los iones presentes. Para lo cual en la página se hizo énfasis en los cristales iónicos, acomodo de sus iones, formas de los cristales, interacciones, etc.

De hecho, durante la primera evaluación de la página con alumnos se detectaron varias confusiones en ellos, lo cual llevó a la corrección de algunas partes de la página; entre estos problemas se detectó que los estudiantes consideraron que todos los cristales iónicos eran cúbicos, por ello se incluyó una explicación con diferentes formas de los cristales iónicos. Esta evaluación y sus resultados se presentan posteriormente dentro de esta misma tesis. Finalmente, considerando las ideas expresadas por García Franco y Garritz, y Taber, en el sitio WEB elaborado al tratar el modelo de enlace iónico se busca:

- Evitar la idea de la existencia de moléculas discretas en compuestos formados exclusivamente por enlaces iónicos
- Explicar la naturaleza multidireccional del enlace iónico.
- Dar una noción de cristal.
- Como influye el tipo de interacciones presentes en un cristal iónico para algunas propiedades como la fragilidad mecánica del mismo cristal.
- Señalar algunas de las características de los compuestos iónicos.

Dentro del modelo de enlace covalente.

Para el desarrollo del modelo de enlace covalente se decidió acotarlo con lo mencionado en cuanto a este tema por García Franco y Garritz (2006) en su propuesta didáctica:

“Las aplicaciones del modelo covalente a las que se pretende llegar son:

- Las sustancias formadas por moléculas (por supuesto, con enlaces covalentes) pueden disolverse en agua, o no. Ello depende de su polaridad.
- Hay sustancias que al disolverse en agua no producen partículas cargadas, es decir, no todas las sustancias están formadas por iones. Por ello no conducen la electricidad, ni sólidas, fundidas o disueltas.
- Estas sustancias están formadas por moléculas neutras en donde se encuentran fuertemente ligados los átomos que las componen, por enlaces dirigidos en una sola dirección.
- Las sustancias moleculares covalentes tienen sus moléculas unidas en estado sólido por fuerzas intermoleculares poco intensas, por lo cual generalmente su punto de fusión es bajo. Típicamente, las sustancias moleculares con pocos átomos son gases o líquidos a temperatura ambiente. Sólo los sólidos covalentes (diamante, grafito, sílice), con fuerzas multidireccionales, tienen altos puntos de fusión.”

En el caso del modelo de enlace covalente, en la página se pretende cumplir con los siguientes objetivos:

- Dar la noción de electrones compartidos entre los átomos que forman el enlace.
- Se trata de evitar la idea de ganancia y pérdida de electrones.
- Evitar la idea de que los electrones del enlace se encuentran fijos y al mismo tiempo favorecer la idea de enlaces direccionales con electrones móviles.
- Evitar la idea de que un enlace covalente polar está formado por aniones y/o cationes.
- Dar un panorama general de las características de los compuestos con enlaces covalentes, tomando en cuenta las características señaladas por García Franco y Garritz (2006).

Como se observa se trata de evitar en los alumnos la idea de electrones fijos, ya sea en medio de dos átomos o bien más cerca de uno de ellos; también se intenta evitar la idea de que existe una pérdida o ganancia de electrones mientras que existe un enlace enmarcado como covalente entre los átomos.

2.2 Revisión en Internet sobre el tema de enlaces.

Ya que se decidió el tema de enlace químico y considerando que se realizaría un material multimedia de libre acceso en la Internet, se procedió a revisar qué tipo de materiales sobre este tema existen de manera gratuita en la red.

A través del buscador Google se realizaron varias búsquedas el día 3 de agosto de 2007: La primera búsqueda fue “enlace químico”, a partir de lo cual se obtuvieron 1 410 000 resultados.

Cuando se limita la búsqueda a “enlace químico bachillerato” se presentan 178 000 resultados, lo que incluyen explicaciones pero también documentos como programas de curso, publicidad de libros, cursos para profesores, concursos, etc.

Ya que la página se estaba pensando con imágenes y animaciones, se decidió hacer una búsqueda en las imágenes de Google. A continuación se muestran los resultados: Para “enlace químico” se obtuvieron 6 210 resultados.

Para “applets enlace químico” de lo que se obtuvo 60 resultados.

Con “animaciones enlace químico” produjo 269 resultados

Para “modelos de enlace químico” 2 430 resultados.

Si se busca “modelo de enlace iónico” 427 resultados.

Para “modelo de enlace covalente polar” 152 resultados.

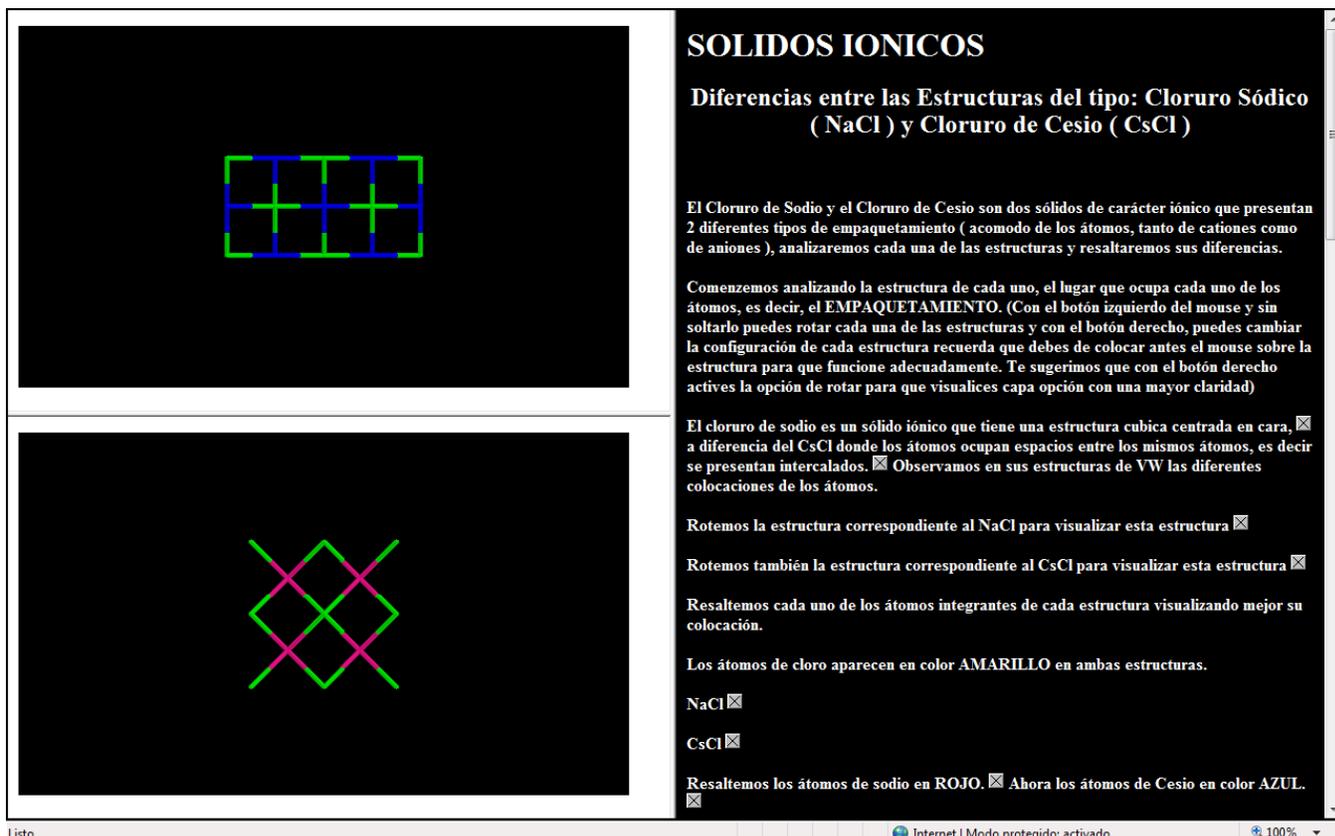
Si buscamos “modelo de enlace covalente no polar” 152 resultados

Como se puede observar, si el alumno desea alguna explicación específica sobre este tema, con apoyo de imágenes, es una búsqueda difícil, si no tiene algunas referencias específicas. Por lo que el poder enviar al alumno a o varias referencias útiles resulta muy conveniente.

Al realizar todas las búsquedas anteriores se encontraron diversas páginas con vínculos interesantes que se señalan a continuación:

<http://depa.fquim.unam.mx/~iliana/enlaces/NaClandCsCl.htm>

En esta página se encuentran diferentes representaciones de cristales iónicos, las explicaciones son muy claras y en español y el material de apoyo como las estructuras es muy didáctico e ilustrativo.



SOLIDOS IONICOS

Diferencias entre las Estructuras del tipo: Cloruro Sódico (NaCl) y Cloruro de Cesio (CsCl)

El Cloruro de Sodio y el Cloruro de Cesio son dos sólidos de carácter iónico que presentan 2 diferentes tipos de empaquetamiento (acomodo de los átomos, tanto de cationes como de aniones), analizaremos cada una de las estructuras y resaltaremos sus diferencias.

Comenzemos analizando la estructura de cada uno, el lugar que ocupa cada uno de los átomos, es decir, el EMPAQUETAMIENTO. (Con el botón izquierdo del mouse y sin soltarlo puedes rotar cada una de las estructuras y con el botón derecho, puedes cambiar la configuración de cada estructura recuerda que debes de colocar antes el mouse sobre la estructura para que funcione adecuadamente. Te sugerimos que con el botón derecho actives la opción de rotar para que visualices cada opción con una mayor claridad)

El cloruro de sodio es un sólido iónico que tiene una estructura cubica centrada en cara, a diferencia del CsCl donde los átomos ocupan espacios entre los mismos átomos, es decir se presentan intercalados. Observamos en sus estructuras de VW las diferentes colocaciones de los átomos.

Rotemos la estructura correspondiente al NaCl para visualizar esta estructura

Rotemos también la estructura correspondiente al CsCl para visualizar esta estructura

Resaltemos cada uno de los átomos integrantes de cada estructura visualizando mejor su colocación.

Los átomos de cloro aparecen en color AMARILLO en ambas estructuras.

NaCl

CsCl

Resaltemos los átomos de sodio en ROJO. Ahora los átomos de Cesio en color AZUL.

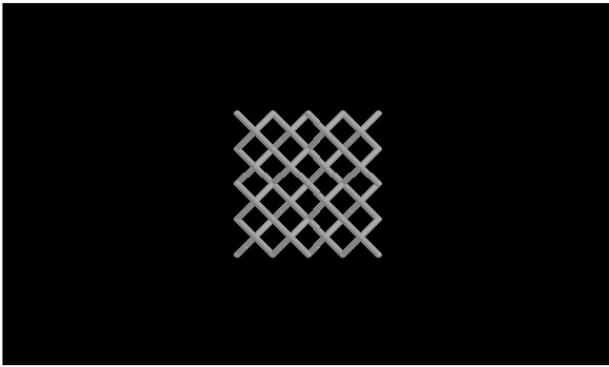
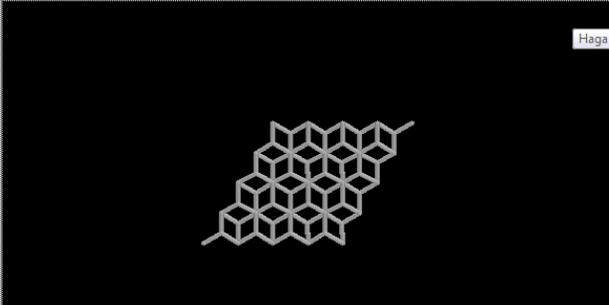
Listo

Internet | Modo protegido: activado

100%

<http://depa.fquim.unam.mx/~iliana/enlaces/diamanygrafi.html>

Esta otra página resulta de mucha utilidad para hablar de fuerzas intermoleculares en sólidos covalentes, tiene imágenes muy buenas y sus explicaciones son puntuales.

FUERZAS INTERMOLECULARES

EL CARBONO Y SUS FORMAS ALOTROPICAS: DIAMANTE, GRAFITO Y FULLERENO

Se conocen varias formas alotrópicas del carbono de las cuales las 3 más importantes son: El diamante, el grafito y el fullereno. Existen diferencias notables en estos compuestos si comparamos propiedades como: dureza, solubilidad etc. Estas características se encuentran directamente relacionadas con la estructura cristalina de tales formas alotrópicas y las fuerzas intermoleculares que presentan. Si observamos la estructura correspondiente al diamante con radios de VW. Se puede apreciar que las distancias entre los átomos son iguales.

Volvamos a una estructura de palos para visualizar la forma en que se encuentran unidos sus átomos. Rotemos la estructura correspondiente al diamante.

En el diamante tenemos que cada átomo se encuentra rodeado tetraédricamente por los otros átomos de carbono de la red cristalina, encadenándose entre sí a lo largo de toda la red para dar un arreglo periódico. Hagamos un zoom y analicemos de cerca como se encuentran unidas entre sí y el tetraedro que presenta, regresemos al tamaño y modelo inicial. (En todo momento se pueden rotar las estructuras apretando el botón izquierdo del mouse y moviendo el puntero sobre la estructura. Con el botón derecho se entra al menú)

Haga clic aquí para activar y usar este control. se asocian mediante 4 enlaces sigma, estos enlaces son covalentes, son enlaces muy fuertes, es necesario invertir mucha energía para romperlos. Como todos los átomos de la red cristalina están unidos por enlaces covalentes, esto le proporciona su muy particular alta dureza. Se forman o presentan cadenas de carbono en 3 dimensiones, siempre unidos por enlaces fuertes como lo son los covalentes, dando como resultado su solubilidad, dureza y otras propiedades tanto físicas como químicas.

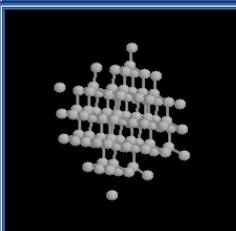
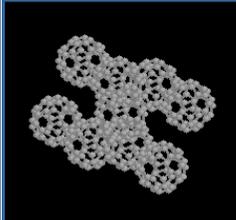
Regresemos al modelo inicial.

En la estructura del grafito visualizandola con el modelo de radios de VW, se observa una gran diferencia, con respecto a la del diamante, el GRAFITO muestra una estructura LAMINAR (o por capas). Las cuales estan separadas unas de otras por una distancia de 335.4 pm. Esta característica se puede observar cambiando el color de la primera capa observemos la separación que existe con otra capa.

La distancia antes mencionada de 335.4 pm es considerada que es una distancia

<http://depa.fquim.unam.mx/~iliana/fuerzas%20intermoleculares/fzasintermoleculares.htm>

Esta página habla de las fuerzas intermoleculares en distintos tipos de sólidos, resulta una página muy útil para ver las estructuras de diferentes tipos de sólidos, sin embargo no posee explicaciones.

FUERZAS INTERMOLECULARES		
Estructura	Nombre	Fuerzas Intermoleculares que presenta
	Diamante (C)	Fuerzas covalentes entre los átomos de carbono, presenta enlaces covalentes que forman una estructura tridimensional, caracterizada por que las uniones entre todos los átomos son covalentes. Forma un sólido covalente.
	Fullereno (C₆₀)	Interacciones DI-DI y pi entre las moléculas del Fullereno. Forma un sólido molecular.

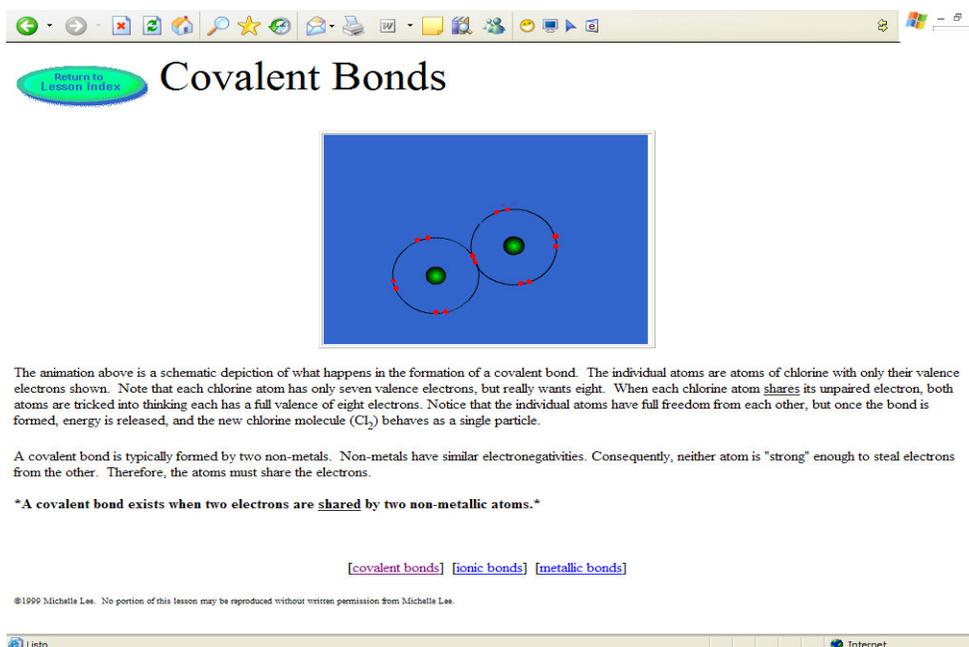
<http://ithacasciencezone.com/chemzone/lessons/03bonding/dogionic.gif>

En esta página se hace una analogía entre el enlace covalente y el enlace iónico con una pelea de perros por un hueso.



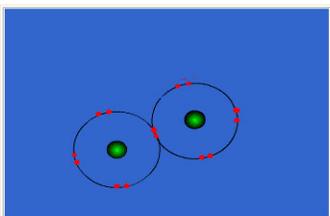
http://ithacasciencezone.com/chemzone/lessons/03bonding/mleebonding/covalent_bonds.htm

En esta página se encuentra una amplia explicación sobre el enlace covalente, sin embargo la animación no es muy clara y el idioma es el inglés

A screenshot of a web browser window displaying a page titled 'Covalent Bonds'. The page has a blue background. At the top left, there is a button that says 'Return to Content Index'. Below the title, there is a diagram showing two chlorine atoms with their valence electrons. The text below the diagram explains the formation of a covalent bond. The browser's toolbar and status bar are visible at the top and bottom of the window.

Return to Content Index

Covalent Bonds



The animation above is a schematic depiction of what happens in the formation of a covalent bond. The individual atoms are atoms of chlorine with only their valence electrons shown. Note that each chlorine atom has only seven valence electrons, but really wants eight. When each chlorine atom shares its unpaired electron, both atoms are tricked into thinking each has a full valence of eight electrons. Notice that the individual atoms have full freedom from each other, but once the bond is formed, energy is released, and the new chlorine molecule (Cl₂) behaves as a single particle.

A covalent bond is typically formed by two non-metals. Non-metals have similar electronegativities. Consequently, neither atom is "strong" enough to steal electrons from the other. Therefore, the atoms must share the electrons.

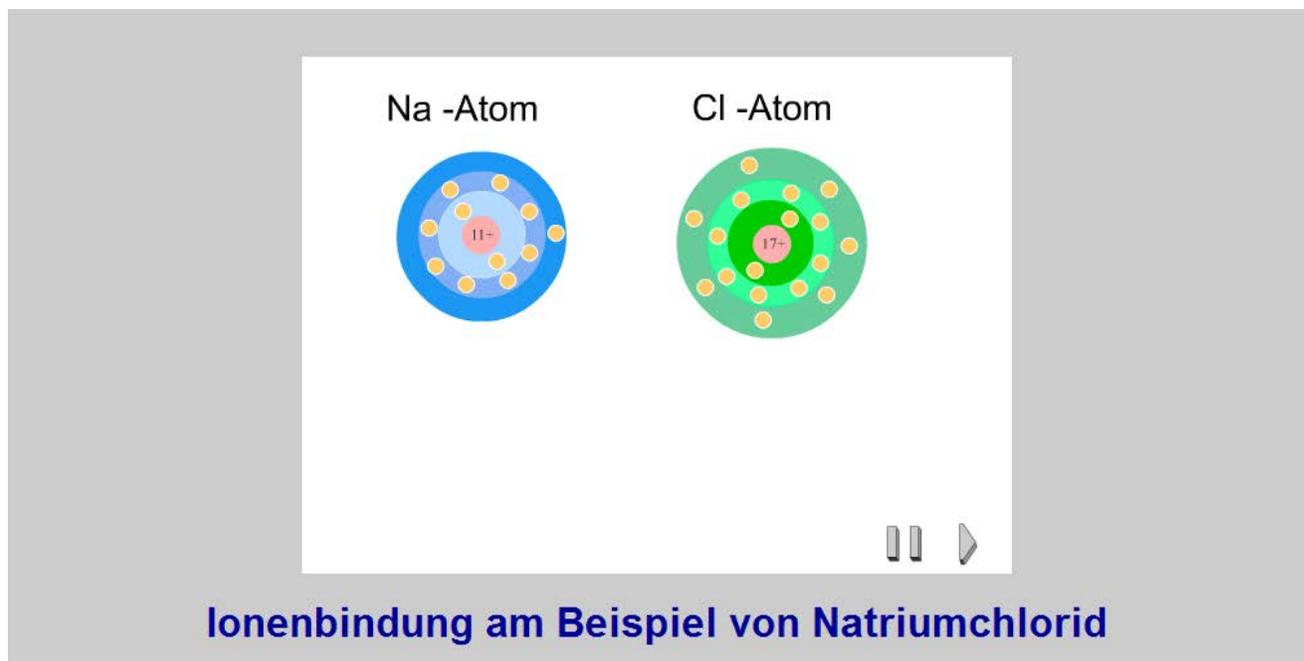
A covalent bond exists when two electrons are shared by two non-metallic atoms.

[\[covalent bonds\]](#) [\[ionic bonds\]](#) [\[metallic bonds\]](#)

©1999 Michelle Lee. No portion of this lesson may be reproduced without written permission from Michelle Lee.

<http://www.hschickor.de/nacl.html>

En este sitio se encuentran varias animaciones, entre ellas una sobre la formación del cloruro de sodio, tiene la desventaja de que está en alemán, sin embargo no requiere demasiada explicación.



<http://www.deciencias.net/proyectos/quimica/compuestos/enlace.htm>

En esta página existe un recurso sobre enlace químico que aborda el tema de potencial de ionización.

El enlace químico

Los elementos del grupo 18 (VIIIA), se caracterizan por tener la última capa de electrones completa (dos electrones en el caso del helio, 8 electrones en los demás casos). Esta estructura es la más estable posible, lo que tiene consecuencias:

- Los elementos del grupo 18 (VIIIA), no se combinan con otros elementos. Por ellos reciben el nombre de gases nobles e inertes.
- El resto de los elementos intentan completar su última capa de electrones combinándose con otros elementos, formando enlaces químicos. La manera en que se combinen dependerá de cuáles sean los átomos en cuestión.
- Los metales, que tienen pocos electrones en su última capa, los pierden con facilidad, y de este modo se quedan con la última capa completa.
- Los no-metales, que tienen muchos electrones en la última capa, tienden a ganar los electrones que les faltan a costa de los metales. De este modo completan la última capa.
- Los elementos con una cantidad intermedia de electrones tienden a compartir estos electrones con otros elementos.

La tendencia de los átomos a perder electrones se mide a través de una propiedad periódica denominada **potencial de ionización**, que es la energía necesaria para arrancar un electrón a un átomo. La tendencia de los átomos a ganar electrones se mide a través de una propiedad periódica denominada **afinidad electrónica**, que es la energía que se desprende cuando un átomo gana un electrón.

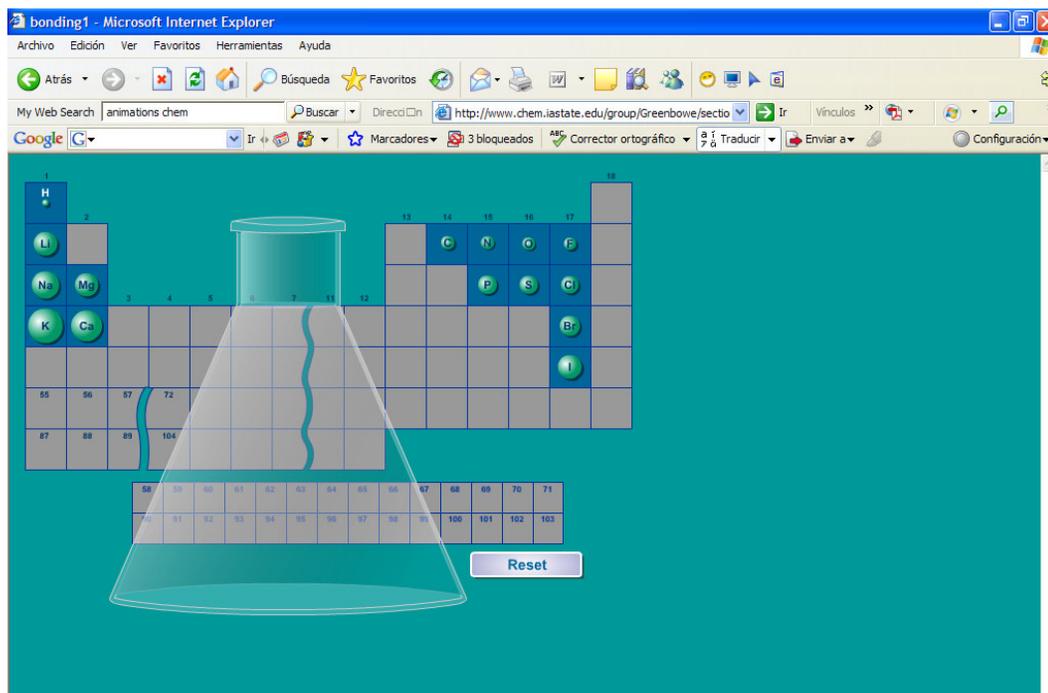
Veloc: [▼] 1° potencial ionización [▼] 1° potencial ionización [▼] Ver [▼]
Símbolos: [Borrar] [Ver] [Borrar] [Ver] [Limpiar]

Propiedades
1° potencial ioniz
Afinidad electrón

© All rights reserved | Home | Ámbito | Proyectos | Clic | Simulaciones | Webquest | Miscelánea | Enlaces | @

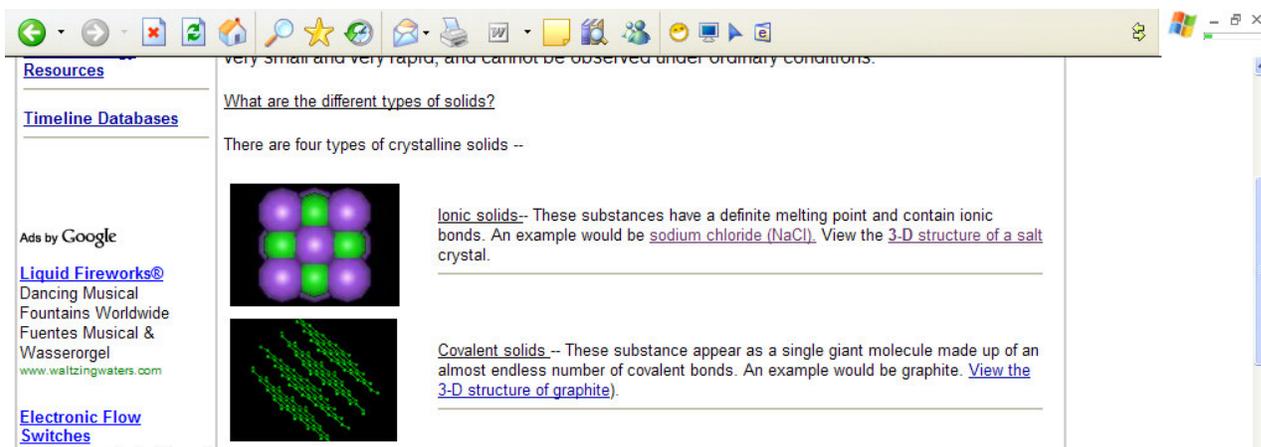
<http://www.chem.iastate.edu/group/Greenbowe/sections/projectfolder/flashfiles/reaction/bonding1.html>

Aquí se encontró una animación sobre la unión entre diferentes átomos, se puede unir hidrógeno, litio, sodio, potasio, magnesio y calcio con carbono, nitrógeno, oxígeno, flúor, fósforo, azufre, cloro, bromo y yodo. No se hace mención a algún tipo de enlace. Tiene el inconveniente que está en inglés.



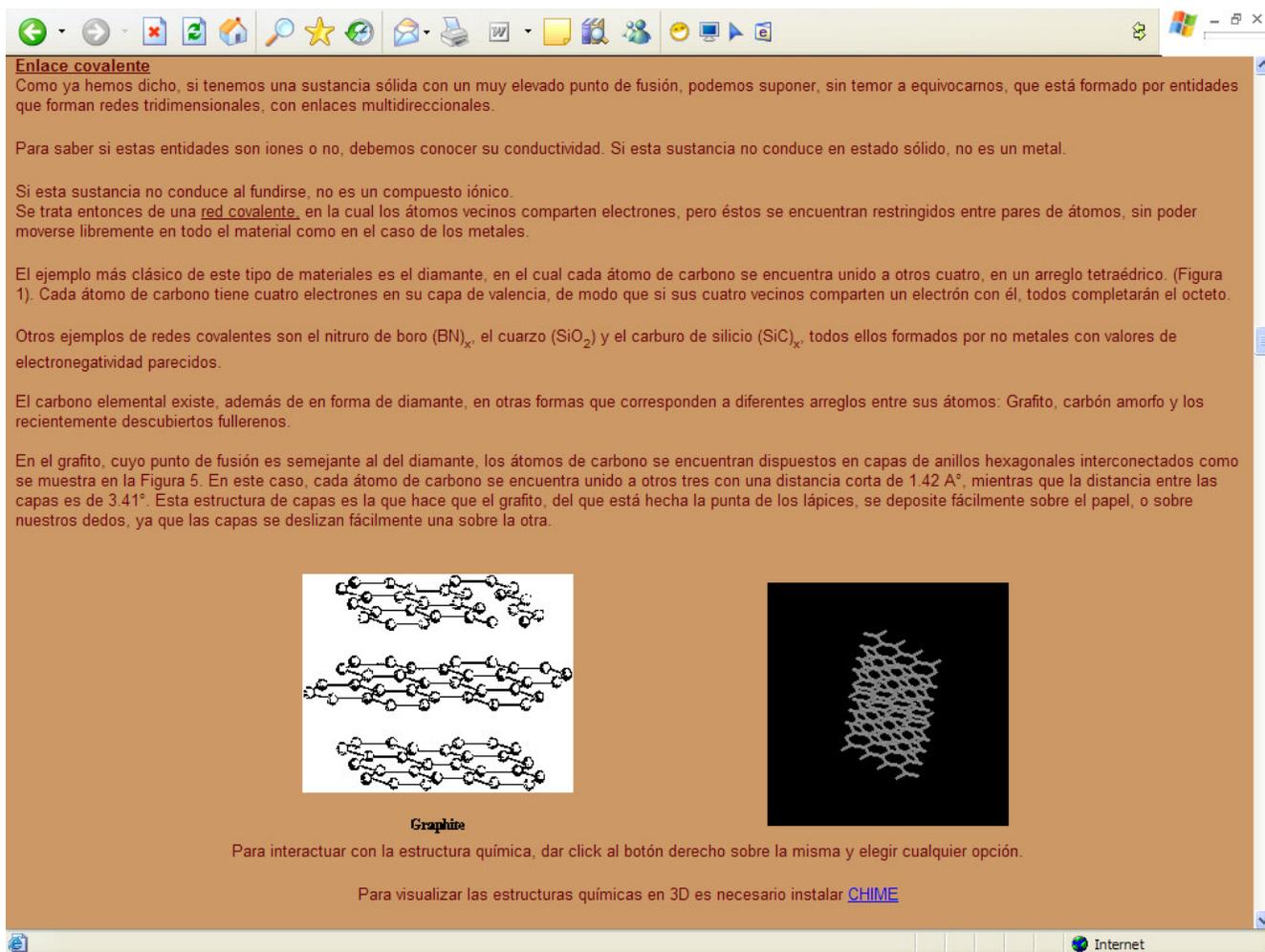
http://www.edinformatics.com/math_science/states_of_matter.htm

En esta página se habla de diversos temas, entre ellos sobre los tipos de sólidos, haciendo referencia a sólidos iónicos o sólidos covalentes. Esta página es interactiva y se pueden observar diversas estructuras en 3 dimensiones además de poderlas girar y cambiar su presentación. Al igual que el ejemplo anterior, el idioma utilizado es inglés.



<http://depa.pquim.unam.mx/gg/eq.htm#dos>

En este sitio se encuentra una amplia explicación sobre los enlaces químicos desde el punto de vista de las diferencias entre los materiales, sin embargo, contiene información muy elevada para el nivel de bachillerato.



Enlace covalente

Como ya hemos dicho, si tenemos una sustancia sólida con un muy elevado punto de fusión, podemos suponer, sin temor a equivocarnos, que está formado por entidades que forman redes tridimensionales, con enlaces multidireccionales.

Para saber si estas entidades son iones o no, debemos conocer su conductividad. Si esta sustancia no conduce en estado sólido, no es un metal.

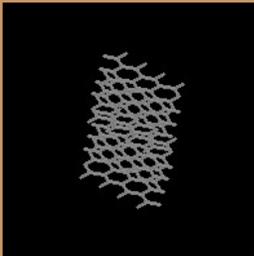
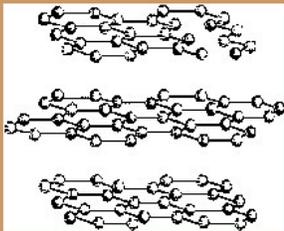
Si esta sustancia no conduce al fundirse, no es un compuesto iónico. Se trata entonces de una red covalente, en la cual los átomos vecinos comparten electrones, pero éstos se encuentran restringidos entre pares de átomos, sin poder moverse libremente en todo el material como en el caso de los metales.

El ejemplo más clásico de este tipo de materiales es el diamante, en el cual cada átomo de carbono se encuentra unido a otros cuatro, en un arreglo tetraédrico. (Figura 1). Cada átomo de carbono tiene cuatro electrones en su capa de valencia, de modo que si sus cuatro vecinos comparten un electrón con él, todos completarán el octeto.

Otros ejemplos de redes covalentes son el nitruro de boro (BN)_x, el cuarzo (SiO₂) y el carburo de silicio (SiC)_x, todos ellos formados por no metales con valores de electronegatividad parecidos.

El carbono elemental existe, además de en forma de diamante, en otras formas que corresponden a diferentes arreglos entre sus átomos: Grafito, carbón amorfo y los recientemente descubiertos fullerenos.

En el grafito, cuyo punto de fusión es semejante al del diamante, los átomos de carbono se encuentran dispuestos en capas de anillos hexagonales interconectados como se muestra en la Figura 5. En este caso, cada átomo de carbono se encuentra unido a otros tres con una distancia corta de 1.42 Å, mientras que la distancia entre las capas es de 3.41 Å. Esta estructura de capas es la que hace que el grafito, del que está hecha la punta de los lápices, se deposite fácilmente sobre el papel, o sobre nuestros dedos, ya que las capas se deslizan fácilmente una sobre la otra.



Graphite

Para interactuar con la estructura química, dar click al botón derecho sobre la misma y elegir cualquier opción.

Para visualizar las estructuras químicas en 3D es necesario instalar [CHIME](#)

Estos ejemplos se colocaron aquí con la intención de mostrar algunos de los trabajos libres que hay en la red sobre el tema de enlaces, todos ellos sin costo. Sin embargo, las páginas analizadas difícilmente cubrían los requisitos que se tenían en mente para el desarrollo del tema de enlace químico, además de que gran parte del material se encuentra en otros idiomas. Estos requisitos son que tenga la profundidad adecuada a los alumnos de bachillerato, que esté en español, con explicaciones claras y sencillas, que incluya en la misma página imágenes y animaciones que apoyen la comprensión del tema, requisitos que sí cumple el sitio Web que se presenta aquí.

2.3 Elaboración de la página.

Una vez especificados los temas y la profundidad con que serían abordados, se llevó a cabo la planeación de la página, por lo cual se fueron desarrollando las ideas para la presentación de los modelos de enlace, lo que incluye desde los textos que contendría la página, esto es las definiciones, explicaciones, ejemplos, lo cual requirió una revisión bibliográfica del tema, hasta las imágenes y animaciones que aparecerían en el *software*, para lo cual se consideró el material visual encontrado tanto en libros como en Internet. Toda la investigación bibliográfica y los textos que se muestran en la página se presentan en la unidad 3 de esta misma tesis.

Para hacer una descripción de la página se tomará en cuenta primero los aspectos relacionados con el diseño y funcionalidad de la página, en general con la ergonomía; posteriormente se explicará de qué forma se decidió presentar tanto el modelo de enlace iónico como el covalente (polar y no polar) y el porqué se realizó de esa manera. El sitio Web está disponible en la URL: <http://depa.pquim.unam.mx/quimicaIII>

2.3.1 Los principios para el diseño multimedia y la página elaborada.

Antes de entrar en la descripción de la página se considera importante recordar los principios multimedia y describir brevemente como se buscó respetarlos en la elaboración de la misma.

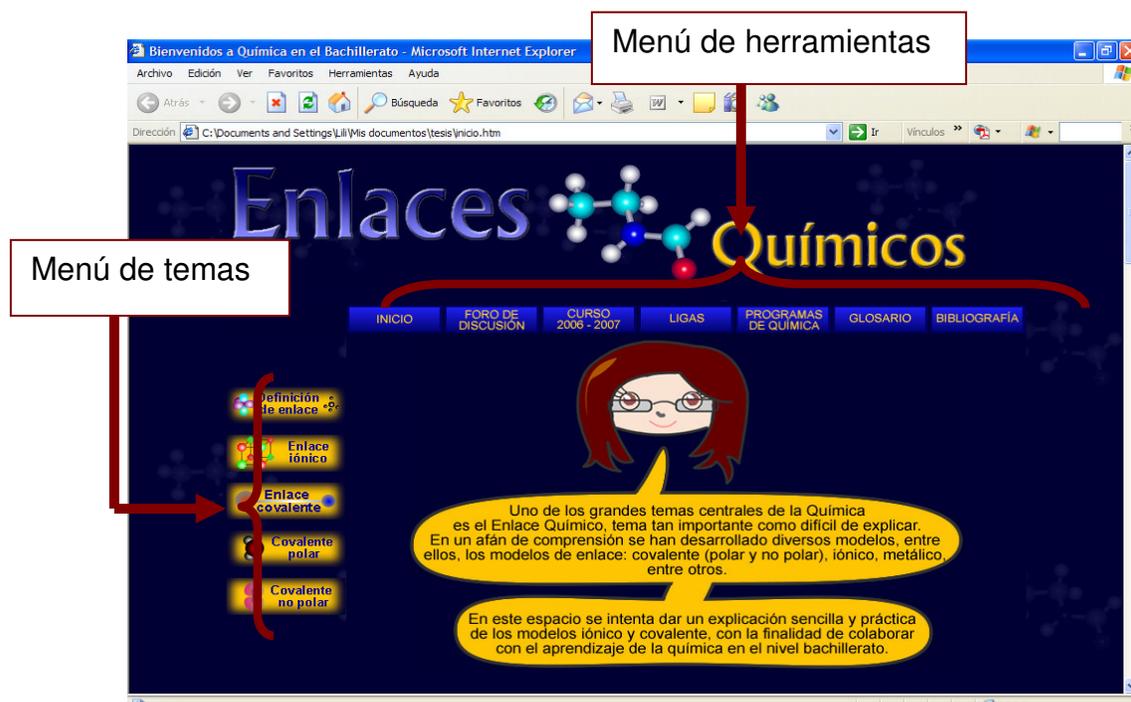
Tabla 4

Principio	En la página elaborada
De multimedia	En la página se colocaron una serie de imágenes y palabras juntas con la finalidad de apoyar el aprendizaje de los estudiantes.
De modalidad	Cuando se consideró adecuado para el tema a tratar se realizaron animaciones con explicación hablada.
De redundancia	En ningún caso se tiene alguna animación con explicación hablada y escrita al mismo tiempo, se tiene una opción de elección entre explicación hablada o escrita, pero nunca ambas al mismo tiempo.
De coherencia	Las explicaciones que se presentan son sencillas y claras, evitando el exceso de explicaciones; además todas las imágenes (fijas y con movimiento), tienen un fundamento en el tema a explicar, se evitó colocar imágenes de adorno únicamente.

De señalización	Se trató que el manejo de la página fuera sencillo en general. Sin embargo cuando se consideró necesario se colocaron algunos botones para apoyar al estudiante. Por ejemplo, en algunas de las animaciones se colocaron botones para elegir si se desea explicación hablada o escrita, dependiendo si el usuario cuenta con bocinas o no. También se colocó un aviso que sale continuamente para apoyar el uso del glosario.
De contigüidad.	En las animaciones que llevan explicación hablada, ésta está en concordancia con lo que está observando el alumno y por supuesto se presentan de manera simultánea
De segmentación	Las animaciones son cortas, sin embargo no pueden ser controladas por el usuario, únicamente para iniciar.

Ya que se concluyó la revisión de los principios multimedia y la breve explicación de su relación con la página que se presenta, ahora se continúa con la descripción de la página realizada.

La página fue elaborada pensando en un manejo sencillo y fácil. Para lo cual se colocaron dos menús visibles en cada ventana. Así en todas las ventanas aparece un menú con las opciones disponibles.



El menú de herramientas permanece siempre visible y en él se encuentran vínculos a: la página de inicio, la bibliografía, ligas hacia otras páginas útiles, los programas de Química de la Escuela Nacional Preparatoria, al glosario, a un foro de discusión en el cual estaremos en contacto los alumnos y yo fuera de clase para resolver dudas y al cual pueden ingresar los alumnos en cualquier momento para ver la información. En este menú también se encuentra un

vínculo que conduce a AMYD (Administración de Manuales y Documentos) que es un sistema que el Departamento de Programas Audiovisuales de la Facultad de Química de la U.N.A.M. pone a disposición del plantel académico, con el que se puede publicar en línea materiales de apoyo en formato pdf, con la finalidad de que los alumnos tengan acceso a su material en cualquier momento y hora.

Así también, con la finalidad de apoyar al usuario se agregó un glosario de términos que permite tener pequeñas explicaciones; para que el alumno pueda ingresar a cada término del glosario es necesario que se haga un clic sobre él, por lo cual los términos que se encuentran en el glosario están en color amarillo. Para invitar al observador a que haga clic sobre las palabras escritas en color amarillo, se colocó un letrero en movimiento indicando "Haz clic en el texto en amarillo". Dicho glosario reúne algunos de los términos utilizados en el texto de la página. Estas breves descripciones tienen la ventaja de que pueden ser abiertas desde la ventana donde se encuentre el texto en otra ventana más pequeña que aparece arriba, la cual puede ser cerrada en cualquier momento o bien permanecer abierta todo el tiempo que desee el usuario. Esto se hizo con la finalidad de que el estudiante obtenga información adicional (si así lo desea) sin perder atención en el tema central. A continuación se presenta un ejemplo de estas descripciones.

The image shows a screenshot of a web browser displaying a chemistry website. The website has a dark blue background with a molecular model graphic. The main title is "Enlaces Químicos" in large, stylized letters. Below the title is a navigation menu with buttons for "INICIO", "FORO DE DISCUSIÓN", "CURSO 2006 - 2007", "LIGAS", "PROGRAMAS DE QUÍMICA", "GLOSARIO", and "BIBLIOGRAFÍA". A red arrow points from a callout box labeled "Letrero en movimiento" to a small speech bubble that says "Haz clic en el texto en amarillo". Below the navigation menu, there is a section titled "MODELO DE ENLACE IÓNICO". To the left of this section is a sidebar with icons and labels for "Modelos de enlace", "Definición", "covalente", "Covalente polar", and "Covalente no polar". The main text area contains a paragraph about ionic bonds, with several terms highlighted in yellow: "halita", "bauxita", and "atracciones electrostáticas". A red arrow points from a callout box labeled "Texto con hipervínculo al glosario." to the word "atracciones" in the text.

Al hacer clic en el término escrito en letras amarillas se abre otra ventana, aunque más pequeña, con una breve explicación:

Ventana más pequeña con una breve explicación

The image shows a screenshot of a Microsoft Internet Explorer browser window. On the left, a smaller window titled 'GLOSARIO - Microsoft Internet Explorer' is open, displaying the entry for 'Fluorita'. The entry includes a photograph of a purple fluorite crystal, its color (white, yellow, green, violet, red, blue, pink, or black), crystal forms (cubic, hexahedral, octahedral, rhombohedral dodecahedra), chemical composition (Ca 51.33%, F 48.67%, with small amounts of Cl, rare earths, etc.), and its uses in metallurgy, chemistry, optics, and glass. It also mentions Mexico's global ranking and provides several references. On the right, the main browser window shows a page titled 'Químicos' with a navigation menu (LIGAS, PROGRAMAS DE QUÍMICA, GLOSARIO, BIBLIOGRAFÍA) and a section on 'ENLACE IÓNICO' (ionic bonding). The page content explains that ionic bonds occur between substances like sodium chloride (halite) and aluminum oxide, characterized by charged particles. It notes that positively charged particles are called cations and negatively charged ones are called anions, and they are held together by electrostatic attraction. A diagram at the bottom shows the arrangement of positive and negative ions in a crystal lattice.

Como se puede observar al ser la pantalla más pequeña permite al lector tener acceso a información muy concreta sin perderse de su tema de interés principal.

También se tiene acceso al glosario de términos a través de un botón que se encuentra en el menú superior, que justamente lleva el título de "Glosario". Este vínculo lleva a una ventana donde se encuentran todos los términos que poseen explicación ordenados alfabéticamente y su propio vínculo individual a cada explicación.

Todos estos aspectos que se han señalado fueron elaborados pensando en facilitar la interacción del usuario con el programa, evitando complicaciones innecesarias, con la finalidad de que ponga atención en el contenido de la página y no en su funcionamiento, tal como lo menciona Gamboa (2007) "sin percatarnos nos hemos alejado del "qué" queremos presentar,

con qué objetivo y en qué contexto, para concentrarnos en el “cómo” lo queremos presentar.” Esto es la funcionalidad de la página debe centrarse en el mensaje a comunicar y no el funcionamiento de la misma.

En cuanto a las animaciones que se presentan en la página, se hicieron con la finalidad de explicar el tema que se está tratando o bien para representar algo que no se puede observar y que generalmente se le explica al alumnado apelando a la imaginación y a su capacidad de abstracción. Al presentar al estudiante estas imágenes se pretende que tenga un modelo de lo que se quiere representar. Para elaborar estos modelos se tomaron en cuenta diversos aspectos, desde concepciones alternativas que poseen los estudiantes (explicación en incisos anteriores), pero también los principios multimedia que se enumeraron en el capítulo 1 y que se recordaron al principio del presente.

Así, entre las animaciones que se elaboraron, existen algunas muy sencillas en las cuales se tiene únicamente una imagen sobre la cual se describe algo, de este tipo se presentan cinco, tres en la página del modelo de enlace iónico: una para representar a los aniones y cationes dentro de un cristal, otra que explica las interacciones que se presentan en un cristal y una más para explicar los sistemas cristalinos; las otras dos se encuentran en el glosario, para explicar la no existencia de moléculas constituidas únicamente por iones y para representar a un sólido reticular.

En estas animaciones la imagen de fondo no cambia, únicamente se modifican pequeñas partes de la misma, con la finalidad de explicar o hacer evidente algún concepto, estos cambios son controlados por el usuario.

A continuación se muestra un ejemplo de estas animaciones donde se señalan los controles para el usuario y la imagen antes y después de hacer clic sobre uno de los controles.

Bienvenidos a Química en el Bachillerato - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Atrás Búsqueda Favoritos

Nos interesa tu opinión.

DEPA
Facultad de Química.
U.N.A.M.
Dr. Jesús Gracia M.
I.Q. Iliana Zaldivar C.
Q. Lilia Esther Gasca

Controles del usuario

La atracción electrostática se realiza entre un catión y varios aniones; De igual forma, entre un anión y varios cationes.

Haz click en *Anión* y *Catión* para que puedas observar las interacciones.

Anión Cation

Antes de hacer clic

Listo Mi PC

Inicio Comleta al 18 mayo ... Bienvenidos a Quím...

ES 06:00 p.m.

Bienvenidos a Química en el Bachillerato - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Atrás Búsqueda Favoritos

Nos interesa tu opinión.

DEPA
Facultad de Química.
U.N.A.M.
Dr. Jesús Gracia M.
I.Q. Iliana Zaldivar C.
Q. Lilia Esther Gasca

La atracción electrostática se realiza entre un catión y varios aniones; De igual forma, entre un anión y varios cationes.

Haz click en *Anión* y *Catión* para que puedas observar las interacciones.

Anión Cation

Después de hacer clic

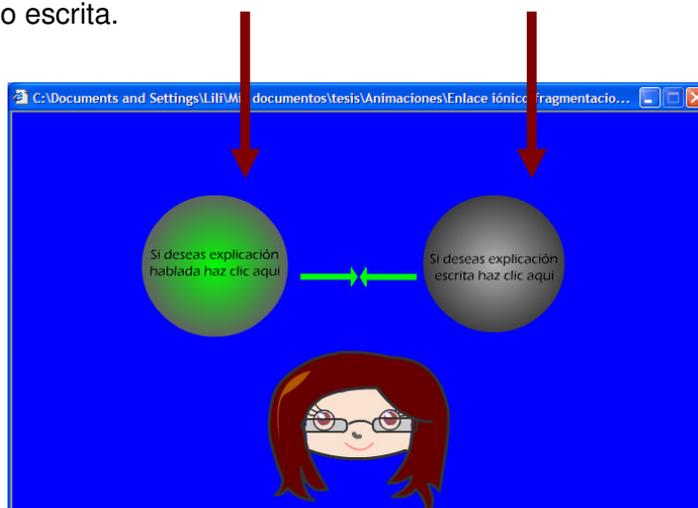
Listo Mi PC

Inicio Comleta al 18 mayo ... Bienvenidos a Quím...

ES 06:00 p.m.

Las animaciones restantes son 4 películas de corta duración (menos de un minuto) donde se explica el modelo de enlace covalente polar, no polar y de qué forma se lleva a cabo la ruptura de un cristal, cuando se ejerce acción mecánica sobre él. Estas tres animaciones tienen la opción a elección del usuario si se quiere explicación escrita o hablada; la cuarta película hace una descripción de la forma de un cristal de cloruro de sodio y su relación con el acomodo de los iones que lo forman. En esta animación la explicación es hablada únicamente, lo cual se decidió fuera así por la estructura de la película. No se tiene la opción de explicación hablada y escrita al mismo tiempo respetando uno de los principios del diseño multimedia, el principio de redundancia, que Guttormsen y Kaiser (2006) refiere que los estudiantes aprenden más de una animación y texto hablado que de una animación y texto hablado y escrito al mismo tiempo.

Como se mencionó en el párrafo anterior, en tres animaciones se puede elegir entre una explicación hablada o escrita.



Aún cuando se prefiere acompañar a las imágenes con una explicación hablada, en la práctica se encontró que el colocar texto es imprescindible ya que muchos equipos de cómputo no cuentan con altavoces, o bien por decisión o necesidad del usuario.

2.3.2 Descripción de la página para el modelo de enlace iónico.

Dentro del modelo de enlace iónico, se buscó que el estudiante tuviera conocimiento de la existencia de una red cristalina formada por cationes y aniones, con sus respectivas interacciones. Por ello se realizó la animación siguiente, en la que se representan a los iones ubicados en una red cristalina, mientras que en el texto se explica la existencia de una red formada por iones de diferente carga.

Bienvenidos a Química en el Bachillerato - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

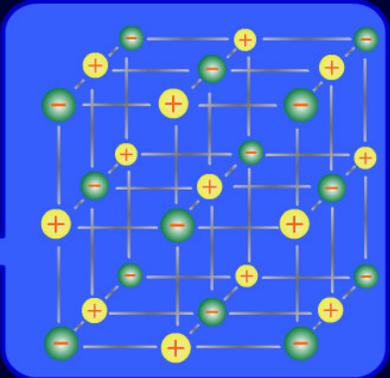
Atrás Búsqueda Favoritos

Dirección C:\Documents and Settings\Lili\Mis documentos\tesis\enlaceionico.htm

iónico
Enlace covalente
Covalente polar
Covalente no polar

fluorita (fluoruro de calcio), bauxita (óxido de aluminio), etc. se explica a través del modelo de enlace iónico, que se caracteriza por la presencia de partículas cargadas llamadas iones, los cuales, si tienen carga positiva se nombran cationes y si poseen carga negativa, aniones.
El modelo de enlace iónico se explica por la atracción electrostática entre los aniones y los cationes que forman el compuesto. A continuación se presenta una representación de una red cristalina y una explicación de las atracciones electrostáticas que se presentan.

La atracción electrostática se realiza entre un catión y varios aniones; De igual forma, entre un anión y varios cationes.
Haz click en Anión y Catión para que puedas observar las interacciones.
Anión Catión



Como se observa en la figura anterior, la atracción electrostática es multidireccional, esto es, no es entre un catión y un anión de manera específica, sino entre varios aniones y cationes, los cuales forman una red, la que se denomina red cristalina, por ello no se

Las interacciones entre cationes y aniones así como la red cristalina que forman se muestran a través de una animación. Con todo esto se pretende evitar la idea de que los compuestos iónicos están formados por moléculas discretas; lo cual se refuerza con el carácter multidireccional de las atracciones entre iones de diferente carga, poniendo énfasis en que no son exclusivamente entre un anión y un catión.

Durante el desarrollo de la página se consideró que los alumnos no poseían una idea sobre lo que era un cristal iónico, por lo cual para ayudar a entender lo que es un cristal, se hace una representación del cristal de cloruro de sodio, para que el alumno pueda apreciar el acomodo que tienen los iones dentro del cristal.

Bienvenidos a Química en el Bachillerato - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Atrás Búsqueda Favoritos Ir Vínculos

Dirección C:\Documents and Settings\Lili\Mis documentos\tesis\enlaceionico.htm

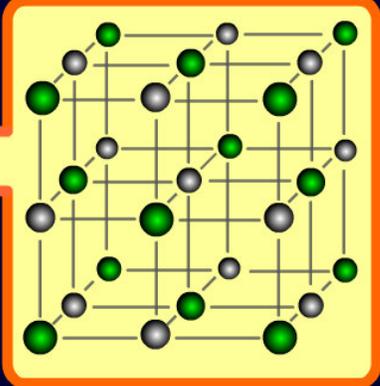
Como se observa en la figura anterior, la atracción electrostática es multidireccional, esto es, no es entre un catión y un anión de manera específica, sino entre varios aniones y cationes, los cuales forman una red, la que se denomina red cristalina, por ello no se puede hablar de la existencia de una molécula discreta de un compuesto iónico. Los compuestos formados únicamente por cationes y aniones se llaman cristales iónicos.

El ejemplo más común de un cristal iónico es el cloruro de sodio, mejor conocido como sal de mesa; observa en la siguiente animación la representación de los iones que forman al cloruro de sodio así como el acomodo que tienen en el cristal.

En el caso del **cloruro de sodio**, los iones que forman el cristal, son:

-  **Ion Cloruro (anión)**
-  **Ion sodio (catión)**

Haz click en *ion cloruro* y en *ion sodio* para ver su posición en la representación de la red cristalina

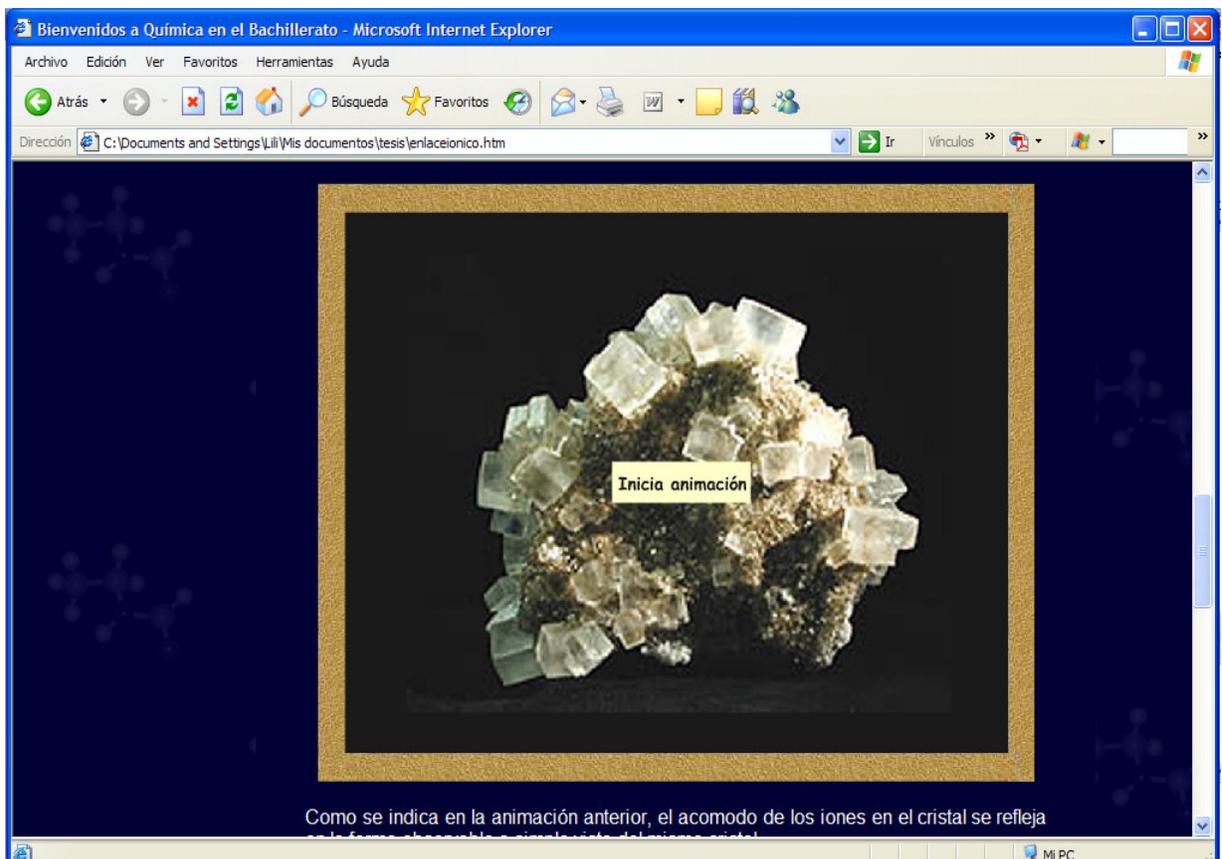


Además, la forma de los cristales que se puede observar a simple vista es la manifestación del acomodo de los iones que forman la red cristalina, lo que se explica en la animación siguiente:

En esta animación se pueden apreciar los iones cloruro y sodio que forman la red cristalina y el acomodo que tiene cada uno de ellos en la misma.

Con este mismo tema, se hizo otra una película sobre un cristal de cloruro de sodio, la cual muestra como la forma de los cristales que se aprecia a simple vista corresponde al acomodo de los cationes y aniones dentro del mismo cristal. Como ejemplo a continuación se muestran algunas escenas de la animación.

La animación incluye una explicación hablada en cada escena; la animación inicia con una imagen de cristal de un agregado natural de cristales de cloruro de sodio.



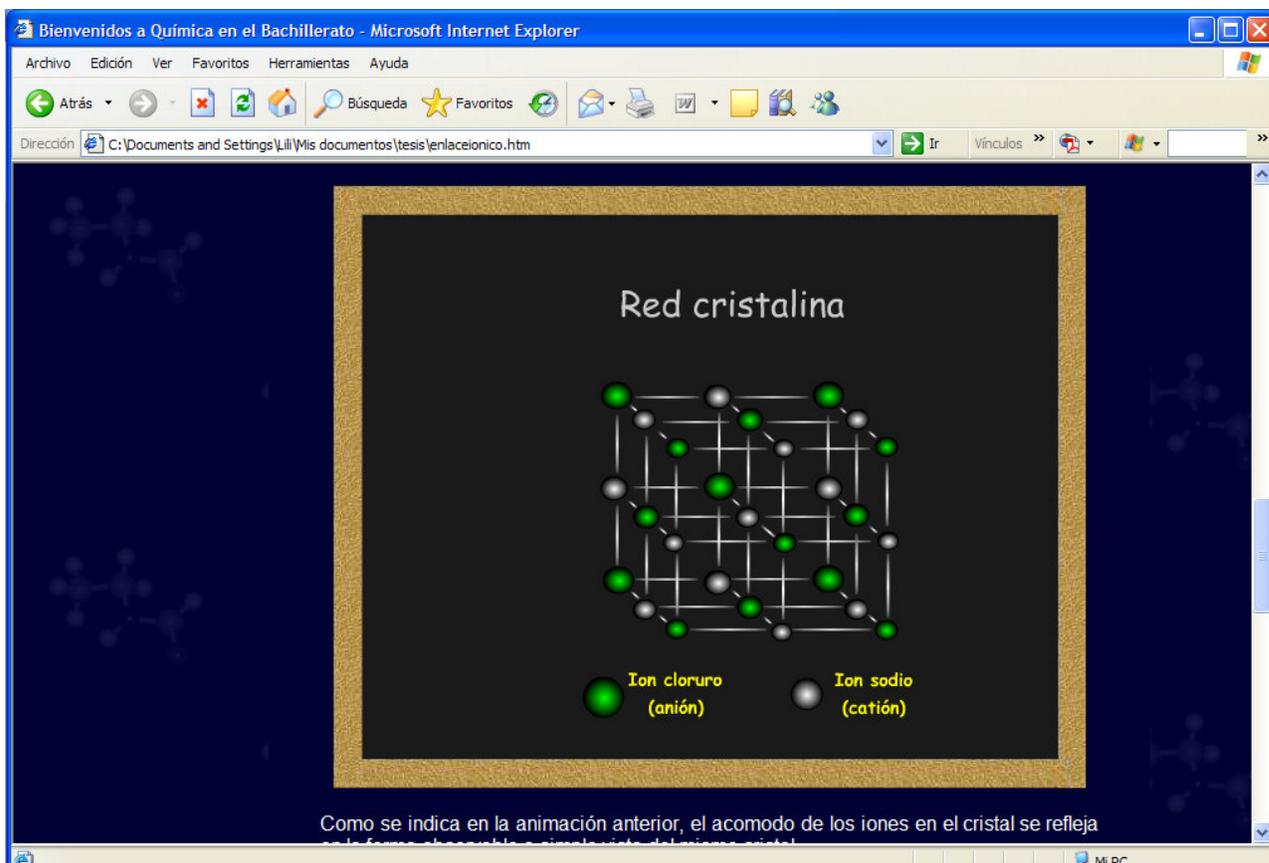
Posteriormente se hace un acercamiento a uno de los cubos



Este acercamiento tiene como finalidad mostrar la forma del cristal.

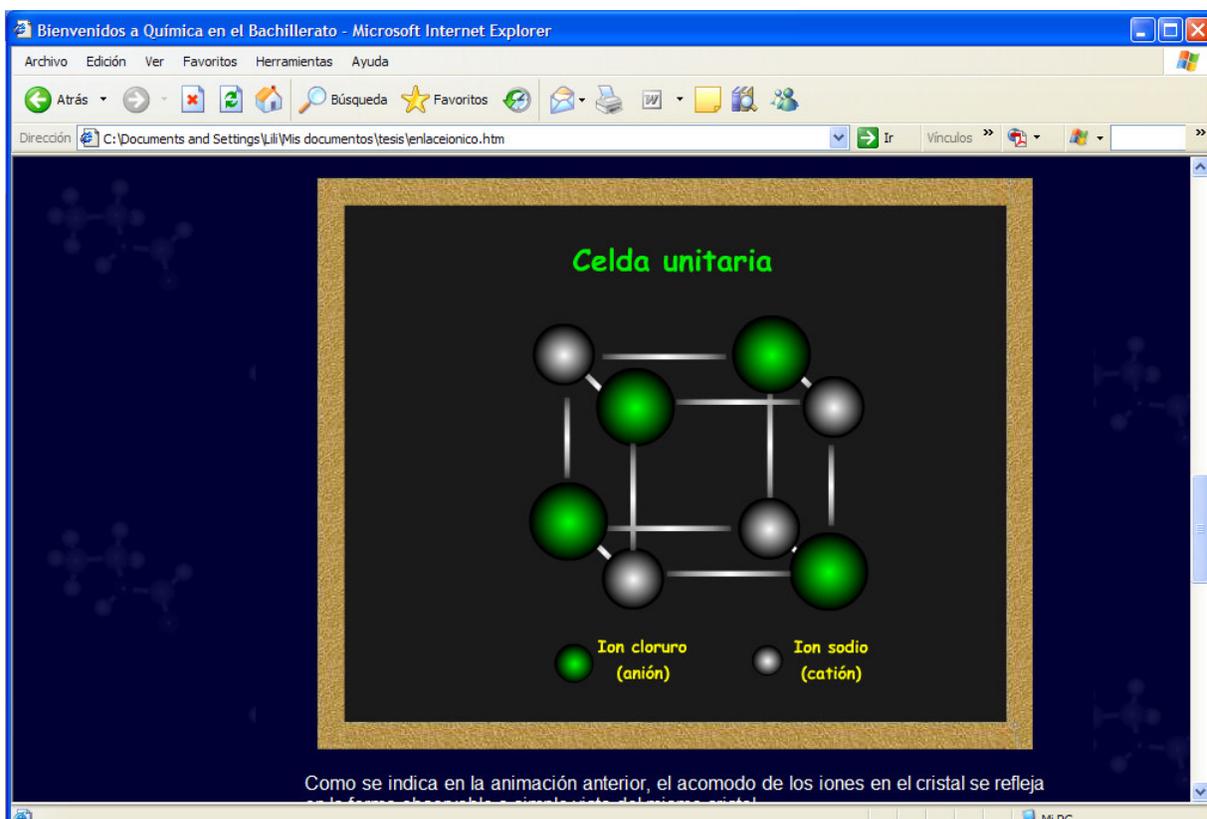
Luego, la animación continúa con una representación del acomodo de los iones dentro del cristal de cloruro de sodio, haciendo énfasis en que si fuera esto posible.

Con esto se trata de apoyar a uno de los grandes problemas de los estudiantes y es el cómo influye la estructura molecular en el estado macroscópico.



Como se puede observar, también se hace una breve explicación sobre lo que es una red cristalina.

Para finalizar la animación se hace referencia a una celda unitaria, explicando que es la unidad de la red cristalina, y que esta celda unitaria también posee la misma forma cúbica debido al acomodo de sus iones.

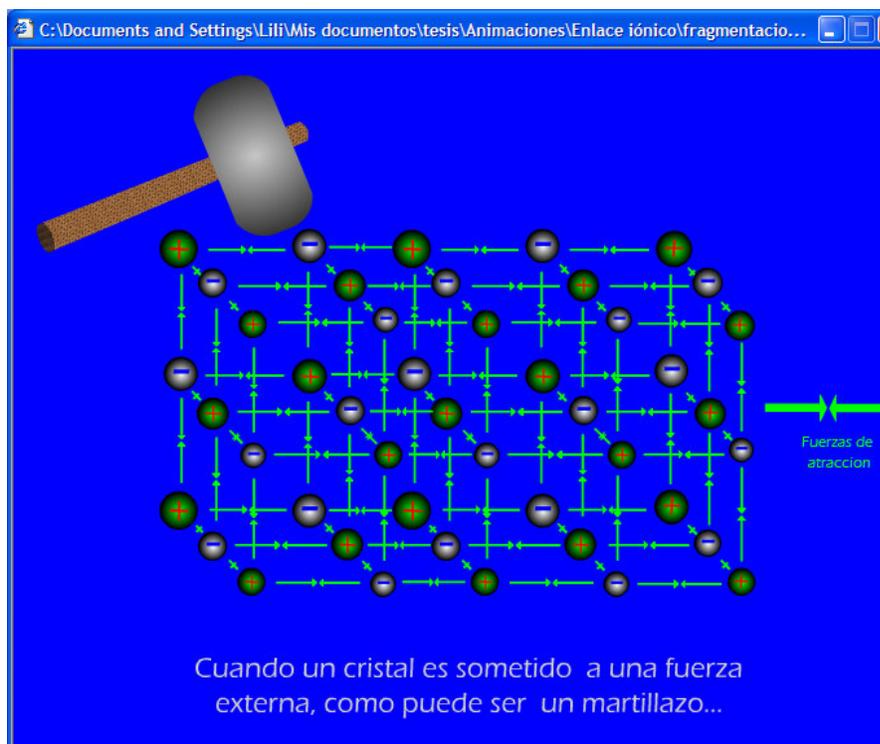


Con todo lo anterior quedan cubiertos los objetivos de evitar la idea de la existencia de moléculas discretas en compuestos formados exclusivamente por enlaces iónicos, explicar la naturaleza multidireccional del enlace iónico y dar una noción de cristal.

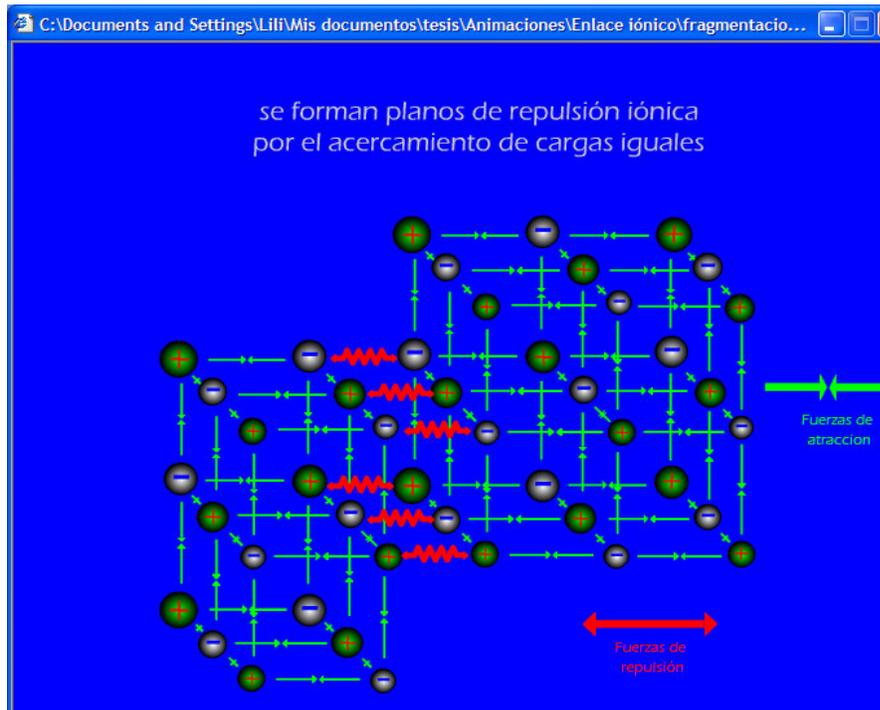
También se quiere dar una explicación a cómo se lleva a cabo la ruptura de un cristal y de qué forma intervienen la formación de planos de repulsión iónico para ello. Para lograr lo anterior se hizo una animación, que puede llevar una explicación hablada o escrita a elección del usuario; dicha animación inicia con una red cristalina.



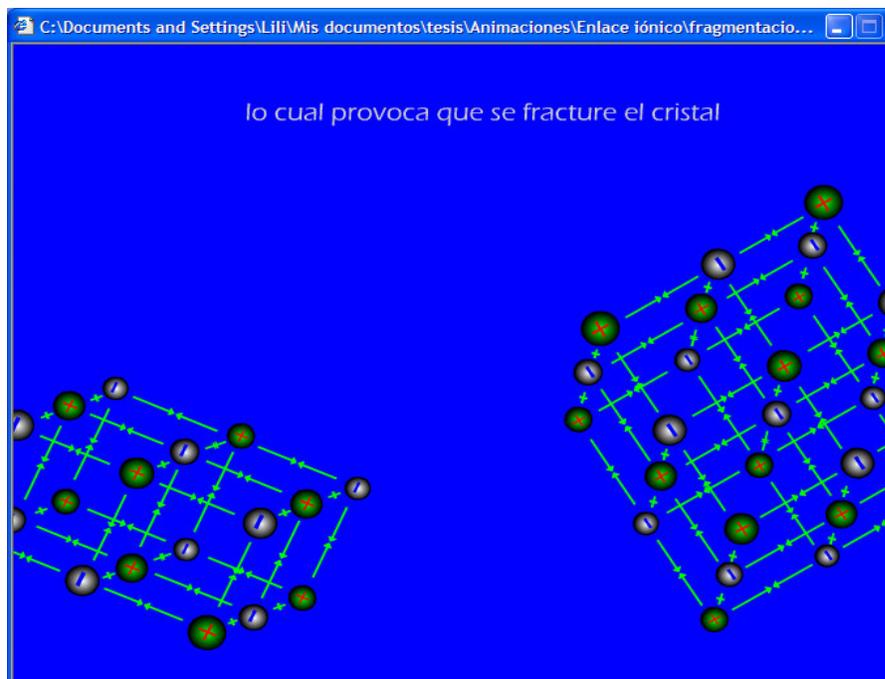
Posteriormente se simula un “martillazo” sobre el cristal.



Después de realizada la simulación del martillazo, se representa a una parte del cristal desplazado, quedando iones de la misma carga juntos.



Con lo que se forman planos de repulsión iónica, lo que termina finalmente con la ruptura del cristal.



Con la animación anterior se ilustra la ruptura de un cristal, como producto de la formación de planos de repulsión iónica.

2.3.3 Descripción de la página para el modelo de enlace covalente.

Para el modelo de enlace covalente, se realizó una introducción donde se mencionan las características de los compuestos covalentes y también las características de este modelo de enlace.

MODELO DE ENLACE COVALENTE

En este modelo de enlace los electrones se comparten. Sin embargo, el par electrónico compartido puede pasar más tiempo más cerca de uno u otro átomo, o bien por igual con los dos átomos, dependiendo de la atracción que ejerzan los átomos sobre los electrones que forman el enlace, lo cual se explica a través del [enlace covalente polar](#) o del [enlace covalente no polar](#). La mayor atracción de los electrones del enlace hacia uno de los átomos se puede cuantificar a través del parámetro llamado [electronegatividad](#).

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS COMPUESTOS CON ENLACES COVALENTE
Pueden formar moléculas, a diferencia de los cristales iónicos.
Las moléculas formadas son neutras, con sus átomos fuertemente unidos por enlaces dirigidos en una sola dirección, estos forman compuestos moleculares .
Al no estar formadas por iones, no pueden conducir la electricidad ni sólidas ni fundidas.
Como no poseen iones en sus moléculas, al disolverse, no producen partículas cargadas, por ende no conducen la corriente eléctrica estando disueltas.
Cuando las moléculas de estas sustancias se mantienen unidas por fuerzas intermoleculares poco intensas, tienen puntos de fusión bajos por lo que son gases o líquidos a temperatura ambiente.
Los sólidos covalentes con fuerzas multidireccionales tienen altos puntos fusión (diamante, grafito, silice) y forman sólidos reticulares o periódicos.

En esta página se tienen varios vínculos al glosario.

Descripción de la página para el modelo de enlace covalente polar.

En la pantalla del enlace covalente polar, se tiene también una breve explicación escrita en concordancia con una animación que representa al modelo de enlace covalente polar, en la cual se pone de manifiesto la forma en que se comparten los electrones del enlace, que dichos electrones no están fijos y cómo influye la electronegatividad en ello. Esto se realizó a través de la representación de los átomos que formarán el enlace, haciendo una diferencia en color y tamaño entre ellos y también de los electrones respectivos.



La animación puede ser observada con explicación hablada o escrita a elección del usuario. En la misma animación se hace patente la forma en que se comparten los electrones y la movilidad de ellos; se pone énfasis también en la posibilidad de que el par electrónico se encuentre más tiempo más cerca de uno de los átomos que del otro, dependiendo de la electronegatividad de cada uno de ellos.



Posteriormente también se hace referencia a la densidad de carga.

Bienvenidos a Química en el Bachillerato - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Dirección C:\Documents and Settings\Lili\Mis documentos\tesis\enlacecovpol.htm

En este modelo, el par de electrones compartidos que forman el enlace, se encuentra más cerca de uno de los dos átomos, el más electronegativo. En la animación siguiente se presenta una breve explicación del modelo a través de la representación de dos átomos y de un par de electrones.

Enlace iónico

Enlace covalente

Covalente polar

Covalente no polar

Átomo menos electronegativo

Átomo más electronegativo

Electrones

$\delta+$ Carga parcial positiva

$\delta-$ Carga parcial negativa

Menor densidad de carga

Mayor densidad de carga

Con lo anterior se busca evitar la idea de formación de iones, ya que en ningún momento se hace referencia a pérdidas de electrones, mucho menos a cationes y aniones, sino a la densidad de carga, la que está distribuida de manera diferente en los dos átomos que forman el enlace.

Al igual que en todas las páginas se tienen los vínculos necesarios al glosario.

2.3.4 Descripción de la página para el modelo de enlace covalente no polar.

En cuanto al modelo de enlace covalente no polar la animación es similar a la del enlace covalente polar, con la diferencia que se hace una representación de los átomos sin hacer distinción entre ellos. La explicación puede ser hablada o escrita, a elección del usuario.

Bienvenidos a Química en el Bachillerato - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

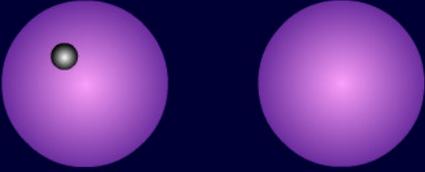
Atrás Búsqueda Favoritos Ir Vínculos

Dirección C:\Documents and Settings\Lili\Mis documentos\tesis\enlacecovnopol.htm

MODELO DE ENLACE COVALENTE NO POLAR

En este modelo, los átomos que forman el enlace poseen la misma electronegatividad, por ello, la probabilidad de encontrar al par electrónico que forma el enlace es igual para ambos átomos. En la siguiente animación se presenta una explicación del modelo de enlace covalente no polar.

Sin embargo dicho par no se encuentra fijo en algún lugar, sino que está en continuo movimiento acercándose a uno y otro átomo



Se hace referencia a que los átomos comparten electrones y que se encuentran en continuo movimiento. Con ello se pretende evitar la idea de pérdida o ganancia de electrones, así como la idea de electrones fijos en el enlace. Al igual que en modelo de enlace covalente polar, se hace referencia a la densidad electrónica, que en el caso del modelo de enlace covalente no polar es similar para los átomos que participan en el enlace.

Bienvenidos a Química en el Bachillerato - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Atrás Búsqueda Favoritos Ir Vínculos

Dirección C:\Documents and Settings\Lili\Mis documentos\tesis\enlacecovnopol.htm

MODELO DE ENLACE COVALENTE NO POLAR

En este modelo, los átomos que forman el enlace poseen la misma electronegatividad, por ello, la probabilidad de encontrar al par electrónico que forma el enlace es igual para ambos átomos. En la siguiente animación se presenta una explicación del modelo de enlace covalente no polar.

La densidad electrónica es semejante en los dos átomos

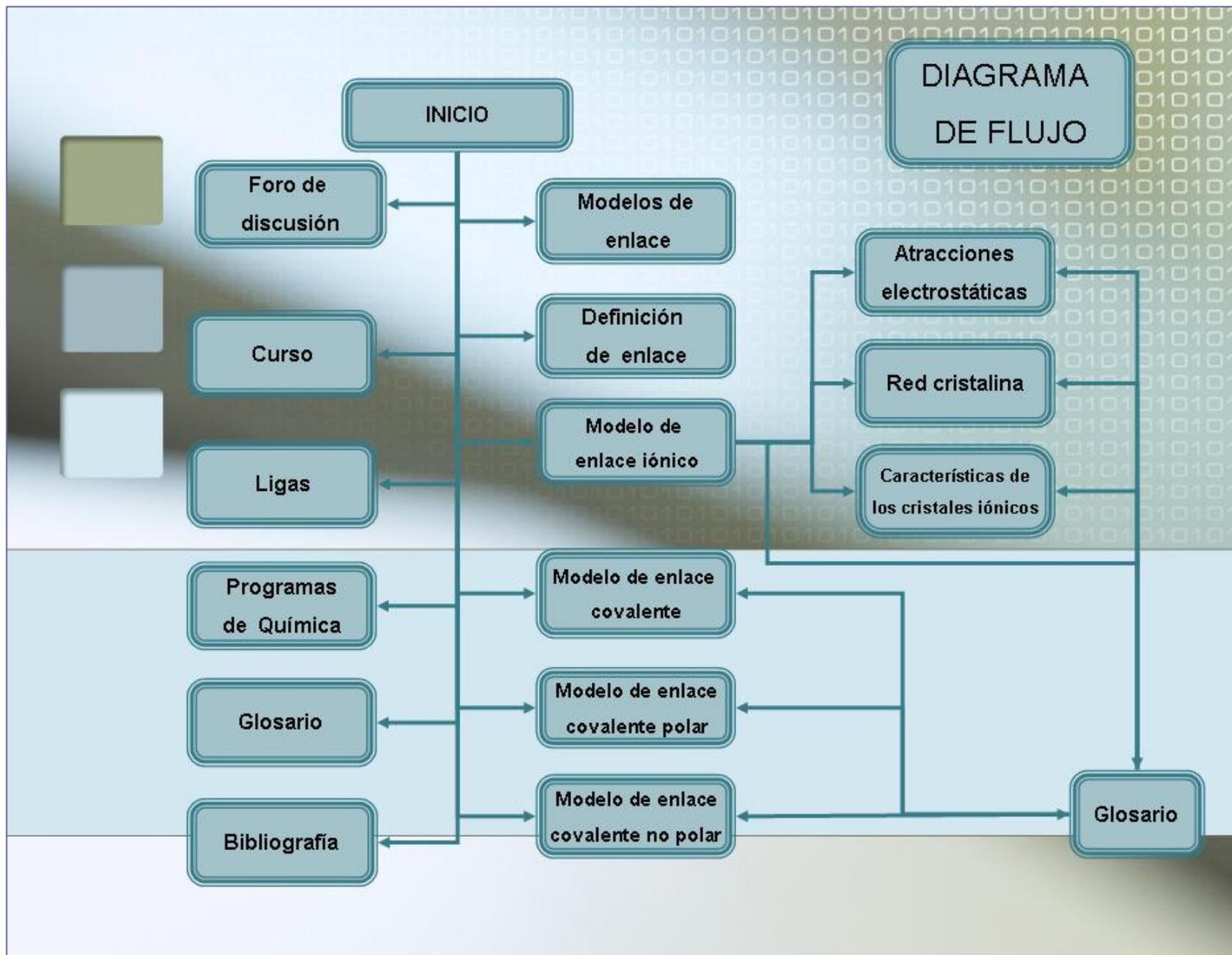
Definición de enlace
Enlace iónico
Enlace covalente
Covalente polar
Covalente no polar

Listo Mi PC

Se menciona de igual manera que la posibilidad de encontrar al par electrónico más cerca de uno que de otro átomo es la misma, lo que provoca una densidad electrónica similar en los átomos que forman el enlace por lo que no existe formación de cargas.

En la animación al representar a dos átomos uniéndose, se puede considerar que se está formando una molécula discreta, a diferencia del modelo de enlace iónico, donde en ninguna representación se muestra a un solo anión unido a un solo catión.

Finalmente, se ha procurado que las explicaciones sean muy breves y sencillas, ya que el usuario del material puede o no contar con alguna asesoría por parte de algún maestro que pueda ayudarle a evitar alguna interpretación equivocada.



2.4 Softwares empleados en la construcción del sitio y requisitos del sistema

En el diseño y programación de este sitio se emplearon los siguientes programas:

Flash 8, para elaborar las animaciones, es un *software* para el desarrollo de material multimedia, a continuación se presentan algunas definiciones:

- Macromedia Flash es en informática un conocido *software* de la empresa Macromedia utilizado para desarrollos multimedia. es.wikipedia.org/wiki/Flash
- *Software* de Macromedia para crear pequeñas animaciones vectoriales reproducidas en la Web. El navegador de un usuario necesita el plug-in Flash Player para interpretar las animaciones Flash. webmaster.lycos.es/glossary/F/
- Programa de la empresa Macromedia que sirve para diseñar webs y banners con animación.
www.abcdelinternet.com/abc1.htm
- Producto de *software* propiedad de Macromedia que permite crear animaciones vectoriales de gran calidad, con la ventaja de que ocupan muy poco espacio y se descargan con gran rapidez. [www.macromedia.com](http://www.macromedia.com;);
www.camaraalcoy.net/Servicios_web/glosario/Glosario/F.htm
- *Software* que permite páginas web con animación.
www.xpress.com.mx/glosario_f.jsp
- Programa de la empresa Macromedia que se utiliza generalmente para diseñar banners de publicidad de bajo peso, cortos animados, caricaturas, presentaciones, páginas Web, etc.
www.chenico.com/glosarioef.htm

Dreamweaver 8 para editar el sitio completo

- Macromedia Dreamweaver es un editor de páginas web, creado por Macromedia. Es el programa de este tipo más utilizado en el sector del diseño y la programación web, por sus funcionalidades, su integración con otras herramientas como Macromedia Flash y, recientemente, por su soporte de los estándares del World Wide Web Consortium. es.wikipedia.org/wiki/Dreamweaver
- Potente *software* de creación WYSIWYG de Macromedia que permite crear fácilmente sitios que contienen gráficos y elementos multimedia. Es uno de los mejores programas para crear animaciones JavaScript y DHTML. webmaster.lycos.es/glossary/D/

- Es un editor visual profesional para la creación de sitios y páginas web. Con Dreamweaver resulta fácil crear y editar páginas compatibles con cualquier explorador y plataforma.

www.portal-uralde.com/dicd.htm

Flash 6

- Es un programa para visualizar aplicaciones y multimedia creado y distribuido por Macromedia. Corre archivos SWF que son elaborados con varias herramientas de Macromedia. en.wikipedia.org/wiki/Macromedia_Flash_Player

Para el funcionamiento del sitio se requiere una máquina PC con las siguientes características: Pentium 3, equivalente, o superior, 256 RAM de memoria y tarjeta de sonido y video. Con la siguiente paquetería: Internet Explorer 8, Flash Player MX.

2.5 Evaluación de la página

Se realizó una evaluación del sitio WEB con la finalidad de comprobar si los alumnos lograban describir y mencionar diferencias entre los modelos de enlace iónico y covalente. Para realizar lo anterior se llevó a cabo la aplicación de un pretest y un postest. A continuación describen los sujetos, el procedimiento, los instrumentos y los resultados utilizados para la evaluación.

Sujetos

- El pretest y el postest se aplicaron a una población de 67 estudiantes de 5to. año (segundo año) de bachillerato, de la Escuela Nacional Preparatoria (1) “Gabino Barreda” de la UNAM.

Procedimiento

- Se elaboró un pretest para conocer los conocimientos que poseía el alumno antes de trabajar con la página.
- De la misma manera, se elaboró un postest con la finalidad de comparar los resultados de este cuestionario con los resultados del pretest.
- Posteriormente se llevó a cabo el trabajo con el sitio Web; organizando el trabajo de manera distinta con los dos grupos.
- Aplicación del pretest.
 - Se realizaron las pruebas a los 67 estudiantes, de los cuales el 95% de los alumnos entregó el cuestionario en blanco, mientras que de los que contestaron algo las respuestas fueron equivocadas, con excepción de un alumno que explicó adecuadamente el modelo de enlace iónico.
- Trabajo con el sitio Web.
 - Aplicación 1. Se les pidió a 37 alumnos que revisaran la página durante 1 hora; posteriormente se les indicó que apagaran la computadora y se les entregó un cuestionario para llenar. Este cuestionario se aplicó con la finalidad de verificar la comprensión de los temas tocados en la página.
 - Aplicación 2. Se les indicó a 27 que utilizaran la página para contestar un cuestionario que se les entregó, esto se hizo con la finalidad de evaluar a la página como fuente de información.

Para contabilizar las respuestas se agruparon por semejanza, lo que significa que si algún alumno dio una explicación muy completa, ésta puede ser considerada en varias respuestas, por lo que el número de respuestas contabilizadas puede o no corresponder al número de alumnos que respondieron el cuestionario.

Resultados

Aplicación 1

Se pidió a 37 estudiantes que revisaran la página elaborada a su conformidad; posteriormente se les indicó que apagaran la computadora y contestaran el cuestionario. Las principales respuestas obtenidas se muestran a continuación.

Tabla 5

Pregunta1 Explica con tus palabras que es el enlace químico	Respuestas
Es la fuerza de atracción que mantiene unidos a 2 o más átomos en un compuesto	11
fuerza que une átomos	6
fuerza de atracción que une átomos	3
Es la fuerza que mantiene unidos a un compuesto	2
Fuerza de atracción entre átomos que reduce la energía potencial de sus electrones	1
Es lo que une átomos	1
Fuerza que une átomos de un compuesto	1
Lo que une átomos en un compuesto	1
Se forma entre los átomos de los elementos químicos	1
Es la unión de átomos que comparten, ceden o reciben electrones de valencia	1
Unen átomos al compartir electrones	2
Unión entre aniones y cationes	2
Es la fuerza de atracción electrostática que mantiene unidos a 2 o más átomos en un compuesto	1
Unión de electrones	1
Fuerza de atracción que existe entre átomos al compartir iones	1
Cuando un compuesto comparte electrones	1
Unión de átomos que proporcionan los aniones y cationes	1
Total de respuestas	37

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

De las respuestas dadas por los alumnos la mayoría fueron adecuadas (76%) sin embargo también se observan algunos casos de alumnos que explican haciendo referencia a alguno de los modelos de enlace únicamente (24%). Para apoyar la comprensión del estudiante se modificaron las definiciones presentadas en la página.

Tabla 6

<i>Pregunta 2 Menciona algunas características del modelo de enlace iónico</i>	
<i>Referencia directa a las características de las sustancias con enlace iónico</i>	17
<i>tiene iones, aniones y cationes</i>	15
<i>atracción electrostática entre aniones y cationes en un compuesto</i>	5
<i>fuerza de atracción</i>	3
<i>formación de red</i>	2
<i>unión cargas positivas y negativas</i>	2
<i>atracción multidireccional</i>	1
<i>no forma moléculas</i>	1
<i>Cristales</i>	1
<i>confusión de aniones y cationes</i>	1
<i>los enlaces se comparten</i>	1
<i>elemento con otro</i>	1
<i>TOTAL</i>	50

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

Aquí se presentó una gran confusión de las características del modelo de enlace iónico con las características de las sustancias iónicas, se contabilizó el 34% para respuestas relacionadas con las características de las sustancias, en lugar de indicar características de las sustancias. Como una forma de corregir este problema se cambió la redacción de la explicación en esta parte del sitio. Además se considera necesario que se profundice más en la explicación de que es un modelo.

Tabla 7

<i>Pregunta 3 Menciona algunas características del modelo de enlace covalente</i>	Respuestas
Los electrones se comparten	18
forman moléculas	12
moléculas neutras	8
se divide en polar y no polar	3
electrones no fijos	3
átomos unidos	1
no están formadas por iones	1
no producen partículas cargadas	1
relación directa con las características de las sustancias	8
confusión con el modelo de enlace covalente polar y no polar	9
no forman cristales	1
unión electrostática	1
moléculas formadas por iones	2
más tiempo con un electrón	1
moléculas resistentes	1
comparten iones	1
se separan por medios radiactivos	1
TOTAL	72

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

Pese a que en la página se hace una clasificación del enlace covalente en enlace covalente polar y enlace covalente no polar, algunas de las respuestas no muestran que haya claridad en lo leído, sin embargo no se repite una respuesta específica; lo que sucede también cuando los alumnos responden con características de las sustancias, tampoco hay alguna respuesta similar. En cuanto a las respuestas claramente equivocadas como se puede observar son muy diferentes. Con la gran excepción de que no hay claridad en la clasificación del enlace covalente polar y no polar, por lo que se modificó el texto de la descripción del enlace covalente. Otro problema fue que existe una confusión entre las características de las sustancias y las características del modelo, aparentemente algunos alumnos consideran que es lo mismo hablar de las sustancias y de los modelos.

Tabla 8a

<i>Pregunta 4 Indica diferencias entre el modelo de enlace covalente polar y no polar</i>	Respuestas
<i>Polar</i>	
electrones más cerca de uno de los átomos, el más electronegativo	7
diferente electronegatividad	6
el par de electrones compartidos están más cerca de uno de los 2 átomos	5
explicación adecuada sobre la existencia o no de densidades de carga para ambos modelos	3
mayor densidad	2
referencia a la formación de cargas en el modelo de enlace covalente polar	1
en el polar se forman dipolos	1
forman moléculas	1
comparten electrones	1
referencia sobre una densidad de carga negativa mayor en el modelo de enlace covalente polar	1
en el polar un átomo es más grande	1
se atraen dos electrones	1
los átomos viajan a través del que tiene mayor electronegatividad	2
más energía	1
mayor carga	1
uno de los electrones tiene más carga	1
misma carga	1
gira más tiempo en el que tiene mayor carga	1
se atraen los átomos por su electronegatividad	1
TOTAL	38

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

Es importante observar que de todas las respuestas escritas el 79% fueron adecuadas, mientras que el porcentaje restante fueron consideradas equivocadas. Es muy importante hacer notar que el alumno da respuestas en función de electrones compartidos y de electronegatividad de los átomos, sin mencionar ganancia o pérdida de los mismos.

Tabla 8b

<i>no polar</i>	Respuestas
referencia a la existencia de densidades de cargas iguales	7
igual electronegatividad en los átomos	6
no hay formación de cargas	3
electrones pasan el mismo tiempo	3
densidad igual	3
los electrones se encuentran a la misma distancia	1
se reparte equitativamente la densidad	1
forma molécula	1
se unen porque comparten electrones	1
el electrón gira el mismo tiempo en las dos	1
los electrones pasan más tiempo con uno de los átomos	1
no forman moléculas	1
no comparten electrones	1
átomos del mismo signo	1
cargas electronegativas	1
se unen de manera electrostática	1
los átomos viajan a través de los dos	1
tienen la misma carga, giran los dos	1
TOTAL	35

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

En el caso de modelo de enlace covalente no polar, las respuestas correctas corresponden al 60%, en cuanto a las respuestas equivocadas, que suman el 40% del total de respuestas, se puede observar en una respuesta subsiguiente, que los alumnos consideran la existencia de cargas iguales en los átomos, lo que parece indicar que existió una confusión con la densidad de carga homogénea en los átomos que forman el enlace; parece problema con los términos, en el cual el alumno considera que cargas y densidades de carga son semejantes. Este error se trató de subsanar modificando la explicación de la animación, haciendo énfasis en la densidad de carga.

Tabla 9

<i>Pregunta 5 Escribe diferencias entre las sustancias que poseen enlace iónico y enlace covalente</i>	Respuestas
existencia de aniones y cationes, en general de iones	14
conducción de la corriente eléctrica	10
no contestó	6
formación de moléculas	3
formación de cristales	3
puntos altos de fusión	2
moléculas neutras	1
fractura de cristales	1
electrones compartidos en el modelo covalente	12
conducción eléctrica	3
partículas cargadas	1
cargas (polar y no polar)	1
electronegatividad diferente	1
confusión entre el covalente polar y no polar	1
carga electromagnética	1
sustancias con enlace covalente tienen carga en solución	1
existencia de atracción electrostática en el modelo iónico	1
covalente polar o no polar, el iónico no	1
separación por métodos químicos	1
TOTAL	64

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

Esta pregunta no resultó muy clara para los estudiantes ya que hubo respuestas en función del modelo del enlace y respuestas en función de las características de las sustancias. Otro punto a resaltar es que hubo 6 personas que no contestaron, lo que apoya que la pregunta se prestaba a confusión ya que esto no sucedió en ninguna de las respuestas anteriores. Para la clasificación de respuesta correcta e incorrecta se consideró como respuesta incorrecta la confusión entre el modelo y las características de las sustancias, aún cuando la referencia fuese adecuada al tipo de modelo en cuestión.

Tabla 10

<i>Pregunta 6 Define qué es un cristal iónico</i>	Respuestas
formados por aniones y cationes	22
red cristalina	9
enlaces multidireccionales	3
acomodo de iones	2
atracción electrostática	2
altos puntos de fusión	2
enlaces iónicos	1
ejemplo cloruro de sodio	1
celda iónica	1
conducción eléctrica	1
formado por cristales	1
forma de cubo	9
es un átomo que tienen algunos elementos	1
moléculas	1
dejan pasar la luz	1
se forma un compuesto	1
red de enlaces iónicos	1
estabilidad de los compuestos	1
más estable más duro el material	1
TOTAL	61

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

Esta pregunta tubo respuestas muy interesantes, tanto afortunadas como no, si observamos la mayoría de las respuestas (74%) fueron correctas, los alumnos hacen una clara referencia a aniones y cationes y en una proporción menor a redes cristalinas, término cuyo empleo no es muy común en alumnos de este nivel. Por otro lado es digno de señalar que dentro del porcentaje del 26% que corresponde a las respuestas equivocadas más de la mitad de ellas correspondió a una respuesta: los alumnos consideraron un ejemplo de un tipo de cristal como una regla para los cristales iónicos y entonces expresaron que un cristal iónico tiene forma de cubo. Esta respuesta comunitaria fue muy útil ya que se hicieron las correcciones pertinentes en la página, se ampliaron las explicaciones, se precisaron los ejemplos utilizados y se agregó una breve explicación sobre los sistemas cristalinos, para que el alumno caiga en la cuenta de que pueden existir diversas formas para los cristales.

Tabla 11

Pregunta 7 Explica si los compuestos iónicos pueden formar moléculas	Respuestas
no	16
forman redes	3
forman cristales iónicos	3
unión de cargas	1
si	17
están formadas de átomos	3
unen cationes y aniones	2
existe atracción	2
forman compuestos neutros	2
por su estructura	2
diferentes polos	1
se repelen	1
unen los electrones	1
comparten electrones de valencia	1
son grandes	1
forman compuestos	1
son frágiles	1
unión de enlaces	1
son estables	1
acomodo de sus iones	1
las moléculas forman a los compuestos	1
no contestó	4
TOTAL	62

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

Esta pregunta resultó muy significativa, un poco más de la mitad de los alumnos que dieron respuesta coincidieron en que sí pueden existir moléculas los compuestos iónicos, lo que significa que no había claridad en la explicación sobre este punto, pese a que al alumno se le representó en todo momento un cristal iónico como una gran celda formada por un número enorme de cationes y aniones, el estudiante no logró aterrizar esta representación de manera adecuada.

Aunado a esto de los alumnos que respondieron adecuadamente, pocos alumnos explicaron algo (7 de un total de 16) las explicaciones no fueron adecuadas, sólo 3 argumentaron la formación de redes.

Con los resultados anteriores se modificaron los textos de la página, dando énfasis en la imposibilidad de la existencia de moléculas de sustancias iónicas y de su explicación.

APLICACIÓN 2. Se realizó con 27 estudiantes, a los cuales se repartió el cuestionario y se les indicó que contestaran las preguntas utilizando como fuente de información la página elaborada.

En esta aplicación las respuestas resultaron muy diferentes a las respuestas de la aplicación 1, de hecho fueron mucho más satisfactorias, lo cual se puede constatar en las tablas siguientes.

Tabla 12

<i>Pregunta 1 Explica con tus palabras que es el enlace químico</i>	Respuestas
fuerza de atracción entre átomos	8
electrones de valencia	7
atracción entre átomos	7
reduce energía potencial	6
ceden, reciben o comparten electrones	6
fuerza que une	5
unión entre átomos	5
reciben o comparten electrones	3
partículas de carga opuesta	3
atracción electrostática	2
ceden o comparten electrones	1
átomos se unen al necesitar o dar electrones	1
comparten electrones	1
cede o recibe electrones	1
TOTAL	56

- Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

En este caso se puede observar que los alumnos hicieron referencia a electrones de valencia, así también hablan de la posibilidad de compartir, ceder o recibir electrones, dependiendo del modelo de enlace de que se trate. Sólo un pequeño porcentaje se quedó con la idea única de pérdida o ganancia de electrones o de electrones compartidos.

Tabla 13

<i>Pregunta 2 Menciona algunas características del modelo de enlace iónico</i>	Respuestas
partículas cargadas llamadas iones, cationes y aniones	16
atracción electrostática multidireccional	8
atracción electrostática entre un catión y varios aniones y viceversa	8
red cristalina	4
atracción entre catión y aniones y viceversa	4
cristales iónicos	3
existe atracción electrostática	2
moléculas no discretas	1
unión de partículas	1
enlace entre un catión y varios aniones y viceversa	1
acomodo un anión y catión	1
acomodo uniforme	1
características de las sustancias	10
iones son partículas con carga positiva	1
no forman partículas	1
TOTAL	62

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

En esta pregunta se puede observar que existió confusión con las características del modelo de enlace y las características de las sustancias iónicas. Este resultado se tomó en cuenta para las correcciones a la página.

Tabla 14

<i>Pregunta 3 Menciona algunas características del modelo de enlace covalente</i>	Respuestas
los electrones se comparten	19
moléculas neutras	12
forman moléculas	8
no están formadas por iones	8
compuestos moleculares	5
electronegatividad	4
enlaces unidireccionales	4
se divide en polar y no polar	3
electrones no fijos	2
no producen partículas cargadas	2
características de las sustancias	27
no cristales	1
par electrónico más cerca de un átomo que de otro sin diferenciar modelo polar o no polar	4
dependiendo de la atracción se forma el enlace	1
comparten enlaces	1
TOTAL	101

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

En esta pregunta las respuestas dadas por los estudiantes reforzaron la necesidad de aclarar las características del modelo de enlace y las características de las sustancias; lo cual se reflejó en los textos de la página.

Tabla 15

<i>Pregunta 4 Indica diferencias entre el modelo de enlace covalente polar y no polar</i>	
<i>polar</i>	
diferente electronegatividad	9
cargas parciales positivas y negativas	8
más probabilidad en las cercanías del átomo más electronegativo	7
densidad electrónica diferente	7
más cerca del más electronegativo	6
formación de un dipolo	1
diferente tamaño de los átomos	1
polar, electrones en medio	1
cargas positivas y negativas	1
polar, no hay formación de cargas parciales	1
polar, misma electronegatividad	1
carga electronegativa	1
TOTAL	44
<i>no polar</i>	
igual electronegatividad	18
densidad electrónica igual	9
no hay cargas parciales	7
probabilidad semejante	3
electrones en medio	3
electrones a distancia semejante	2
átomos iguales	1
densidad de igual electronegatividad	1
enlace igual	1
par fijo	1
TOTAL	46

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

En el caso del modelo de enlace covalente polar, se debe resaltar que en las respuestas correctas los alumnos argumentan en términos de electronegatividad, cargas parciales, densidades electrónicas, probabilidad de encontrar al electrón, principalmente.

De la misma manera para el modelo de enlace covalente no polar, el porcentaje de respuestas correctas es alto y es de señalar que los alumnos dan explicación en función de electronegatividad, densidad electrónica y la no existencia de cargas parciales.

Tabla 16

Pregunta 5 Escribe diferencias entre las sustancias que poseen enlace iónico y enlace covalente	Respuestas
iónico	
conducción de la corriente eléctrica	16
existencia de aniones y cationes, iones en general	10
no forman moléculas	6
formación de cristales	3
puntos altos de fusión	2
fractura de cristales	2
sólidos	1
atracción electrostática	4
planos de repulsión iónica	2
enlaces multidireccionales	1
iones móviles en solución	1
covalente	
no hay conducción eléctrica	13
formación de moléculas	10
moléculas neutras	7
puntos de fusión	7
no iones	4
electrones compartidos	3
no producen cargas al disolverse	3
estado de agregación	3
sólidos reticulares	2
enlaces unidireccionales	1
compuestos moleculares	1
enlaces más fuertes	1
iónico, moléculas positivas o negativas	2
covalente, electrones más cerca de un átomo	1
no producen electricidad	1
covalente, fuerzas intermoleculares	1
TOTAL	102

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

Al igual que en la aplicación 1, resaltó la confusión en el alumno entre las características del modelo de enlace y las características de las sustancias. Esto fue un indicativo muy grande para hacer modificaciones importantes en el texto y presentación de la información en la página.

Tabla 17

Pregunta 6 Define qué es un cristal iónico	Respuestas
formados por aniones y cationes	18
red cristalina	10
no forma moléculas	1
enlaces iónicos	1
acomodo de iones	5
ejemplo cloruro de sodio	1
atracción electrostática	4
altos puntos de fusión	1
compuesto	5
celda unitaria	4
conducción eléctrica	2
atracción electrostática multidireccional	2
forma a simple vista	1
cristales	1
fracturan por una fuerza externa	1
planos de repulsión	1
cubo	5
es una celda unitaria	3
es de cloruro de sodio	1
cubo en forma de celda unitaria	1
redes unitarias	1
buen conductor	1
frágiles	1
atracción del átomo sobre los electrones por diferencia de electronegatividad	1
TOTAL	72

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

En esta pregunta las respuestas correctas fueron muy superiores a las respuestas equivocadas, es importante señalar que la mayoría de los alumnos habló de aniones y cationes, así como de una red cristalina. En cuanto a las respuestas equivocadas la más mencionada fue que los cristales iónicos tienen forma cúbica, lo que significa que el material elaborado generó la idea equivocada de que todos los cristales iónicos son cúbicos; por lo cual se cambió el texto y se agregó una breve explicación ilustrada sobre las formas de los sistemas cristalinos.

Tabla 18

Pregunta 7 Explica si los compuestos iónicos pueden formar moléculas	Respuestas
no	22
red cristalina	11
atracción electrostática multidireccional entre aniones y cationes	8
atracción electrostática multidireccional	5
se fracturan	2
forman ordenadamente	1
no pueden estar solos	1
no están fuertemente unidos	1
no habría aniones y cationes	1
están formados por aniones y cationes	1
atracción entre un anión y varios cationes y viceversa	1
acomodo de sus iones	1
la diferencia entre las cargas electronegativas de los átomos	1
son la unión de varios cationes con un anión	1
altos puntos de fusión	1
si	3
son más grandes	1
intercambian cationes y aniones	1
se fracturan	1
TOTAL	

* Las respuestas en letras rojas fueron consideradas incorrectas.

Las respuestas a esta pregunta fueron variadas, resalta, a diferencia de la Aplicación 1, que la gran mayoría mencionó que los compuestos iónicos sí forman cristales, argumentando la existencia de una red cristalina y de las atracciones multidireccionales entre los iones. Como se puede apreciar las explicaciones son, por mucho, más satisfactorias que en la aplicación 1, pero se decidió que era necesario modificar los textos y las explicaciones con la finalidad de hacer más evidente la imposibilidad de formación de moléculas en los compuestos iónicos.

Instrumentos

PRETEST

Nombre del alumno: _____

Fecha de aplicación: _____

1. Indica qué es el enlace químico

2. Menciona algunas características del modelo de enlace iónico.

3. Menciona algunas características del modelo de enlace covalente.

4. Indica diferencias entre el modelo de enlace covalente polar y no polar.

5. Menciona diferencias entre las sustancias que poseen enlace iónico y enlace covalente.

6. Define qué es un cristal iónico

7. Explica si los compuestos iónicos pueden formar moléculas

POSTEST

Nombre del alumno: _____

Fecha de aplicación: _____

1. Explica con tus palabras qué es el enlace químico

2. Menciona algunas características del modelo de enlace iónico.

3. Menciona algunas características del modelo de enlace covalente.

4. Indica diferencias entre el modelo de enlace covalente polar y no polar.

5. Escribe diferencias entre las sustancias que poseen enlace iónico y enlace covalente.

6. Indica con tus palabras qué es un cristal iónico

7. Indica si los compuestos iónicos pueden formar moléculas y explica porqué

Análisis de los resultados obtenidos en la evaluación a la página elaborada.

Como se puede observar el resultado de ambas evaluaciones aplicaciones fue satisfactorio ya que los alumnos contestaron en general de manera adecuada a las respuestas. También se detectaron algunos problemas, entre ellos, la mayoría de los alumnos asumieron que todos los cristales iónicos son cúbicos, por lo que hicieron algunos cambios en la página para remediar esta situación, así también se puso énfasis en la imposibilidad de la existencia de moléculas iónicas, para ello se profundizó en las explicaciones y se realizaron algunas animaciones. Otro problema que se detectó es que los alumnos confunden las características de los compuestos con las características del modelo de enlace, sobre todo cuando se utilizó la página como material de estudio; para tratar de solucionar este problema se modificó parte de la explicación con la finalidad de aclarar las características de los compuestos considerados con uno u otro tipo de enlace.

Sin embargo, las respuestas en general cumplieron con las expectativas, entre ellas que en el modelo de enlace covalente los electrones se comparten, en cambio en el modelo de enlace iónico las partículas involucradas son iones y se encuentran acomodados en un cristal iónico. Así también, algunas diferencias entre el modelo de enlace covalente polar y no polar, que tienen que ver con la electronegatividad y la formación de cargas parciales.

No se encontró evidencia de la generación de alguna idea alternativa.

La página es una fuente de información sencilla, pero además por los resultados obtenidos al parecer sí hubo una comprensión de los tipos de modelos de enlace que se manejaron.

A continuación se presentan dos tablas con los porcentajes de respuestas correctas en ambas aplicaciones con la finalidad de comparar los resultados y obtener información importante de los mismos.

Aplicación 1

	Correctas	Incorrectas	TOTAL	% respuestas acertadas
<i>Pregunta 1 Explica con tus palabras que es el enlace químico</i>	28	9	37	75.7
<i>Pregunta 2 Menciona algunas características del modelo de enlace iónico</i>	47	3	50	94.0
<i>Pregunta 3 Menciona algunas características del modelo de enlace covalente</i>	47	25	72	65.3
<i>Pregunta 4 Indica diferencias entre el modelo de enlace covalente polar y no polar</i>	57	16	73	78.1
<i>Pregunta 5 Escribe diferencias entre las sustancias que poseen enlace iónico y enlace covalente</i>	24	34	64	37.5
<i>Pregunta 6 Define qué es un cristal iónico</i>	45	16	61	73.8
<i>Pregunta 7 Explica si los compuestos iónicos pueden formar moléculas</i>	19	43	62	30.6

Antes del análisis de los resultados de esta tabla se considera necesario recordar al lector que esta aplicación consistió en mostrar la página al alumno y permitir que la revisara durante aproximadamente 1 hora, posteriormente se pidió que se apagara la computadora y se le entregó al estudiante el cuestionario para que lo respondiera.

Es importante mencionar que la cantidad de respuestas contabilizadas pareciera no ser coherente con la cantidad de alumnos, lo que sucedió es la mayoría de los alumnos en sus respuestas mencionaron por ejemplo dos o más características de cada modelo y cada característica se contó como una respuesta independiente, por ejemplo, si un estudiante mencionó en la pregunta 2 que en modelo de enlace iónico existen fuerzas de atracción multidireccionales y que está formado por cationes y aniones, se consideraron dos respuestas. Esto se realizó con la finalidad de que se pudieran tomar en cuenta todas las características mencionadas por los alumnos.

Como se puede observar el porcentaje de respuestas adecuadas es alto (94%) para la pregunta 2 relacionada con las características del modelo de enlace iónico y en menor medida, pero aún con un buen porcentaje de respuestas acertadas las preguntas 1, 4 y 6 (alrededor del 75%).

Es necesario hacer notar que hay más respuestas correctas para la pregunta 4 relacionada con las diferencias entre el modelo de enlace covalente polar y no polar, pero el porcentaje resulta

bajo para la pregunta que involucra a la pregunta 2 relacionada con el modelo de enlace covalente, de lo que se puede vislumbrar que es necesario hacer una evaluación muy profunda en esta parte con la finalidad de que mejorar la presentación del modelo de enlace covalente y que pueda trascender en el aprendizaje de los alumnos.

En cambio, en la pregunta 2, sobre el modelo de enlace iónico, parece ser que los alumnos lograron captar más las características de este modelo.

En el caso de la pregunta 5, donde se presentaron porcentajes bajos de respuestas correctas problema fue que los alumnos confundieron las características del modelo con las características de las sustancias, pero es de mencionarse que no confundieron las características de las sustancias iónicas con las características de las sustancias covalentes.

Con lo que respecta a la pregunta 7, se encontró que los alumno no lograron asimilar la idea de que los cristales iónicos no pueden formar moléculas, sin embargo estos resultados fueron muy útiles, ya que se modificó el texto y se agregó una animación con la finalidad de reforzar esta idea. Además otra respuesta equivocada común fue que los alumnos consideraron que todos los cristales iónicos son cubos, situación que propició el agregar una explicación sobre los diferentes sistemas cristalinos que presentan los cristales iónicos y dar un ejemplo de cada uno.

Aplicación 2

	Correctas	Incorrectas	TOTAL	% respuestas acertadas
<i>Pregunta 1 Explica con tus palabras que es el enlace químico</i>	52	4	56	92.9
<i>Pregunta 2 Menciona algunas características del modelo de enlace iónico</i>	50	12	62	80.6
<i>Pregunta 3 Menciona algunas características del modelo de enlace covalente</i>	94	7	101	93.1
<i>Pregunta 4 Indica diferencias entre el modelo de enlace covalente polar y no polar</i>	82	8	90	91.1
<i>Pregunta 5 Escribe diferencias entre las sustancias que poseen enlace iónico y enlace covalente</i>	96	6	102	94.1
<i>Pregunta 6 Define qué es un cristal iónico</i>	58	14	72	80.6
<i>Pregunta 7 Explica si los compuestos iónicos pueden formar moléculas</i>	58	6	64	90.6

Se considera de utilidad recordar que en esta ocasión los alumnos utilizaron la página como fuente de información, esto es, se les entregó a los estudiantes el mismo cuestionario que para aplicación 1 pero con la diferencia de que la página sería la fuente de información para contestar las preguntas.

Como se puede observar, los porcentajes de las respuestas acertadas son muy altos, de hecho los porcentajes más bajos (alrededor del 80%) fueron para las preguntas 2 y 6. Sin embargo es de mencionarse que la mayoría de los pocos errores que se presentaron estuvieron relacionados con la misma confusión de la aplicación anterior, algunos alumnos parecen no encontrar diferencia entre las características de los modelos y las características de las sustancias y con la idea equivocada de que todos los cristales iónicos son cúbicos.

En general, al revisar las respuestas equivocadas para ambas aplicaciones no se encontraron errores comunes en dichas respuestas, con excepción de las equivocaciones ya mencionadas. Esta falta de repetición de respuestas erróneas nos lleva a pensar que la página no genera ideas alternativas.

De esta aplicación se puede concluir que la página funciona muy bien como fuente fiable de información.

Con esta parte concluimos la descripción y evaluación del sitio Web y se abre el paso al análisis del contenido del material elaborado.

CAPÍTULO 3 FUNDAMENTO QUÍMICO

Los conceptos y definiciones que fueron incluidos en la tesis fueron los siguientes:

- Enlace químico
- Modelo de enlace iónico
 - Aniones
 - Atracciones electrostáticas
 - Bauxita (óxido de aluminio)
 - Características generales de los cristales iónicos
 - Cationes
 - Cristales iónicos
 - Fluorita (fluoruro de calcio)
 - Halita (cloruro de sodio)
 - Iones
 - Red cristalina
 - Sistemas cristalinos
- Modelo de enlace covalente (polar y no polar)
 - Características generales de los compuestos considerados con enlaces covalentes
 - Compuestos moleculares.
 - Diamante
 - Dipolo
 - Electronegatividad
 - Electrones de valencia
 - Fuerzas intermoleculares
 - Grafito
 - Sílice
 - Sólidos reticulares.

ENTORNO GENERAL

Para la representación de los átomos en cada una de las animaciones o clips, cuando se hizo referencia a algún elemento específico, se trató de mantener tamaños proporcionales, así los datos utilizados para el tamaño atómico fueron tomados de Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003) y con las consideraciones que a continuación se describen: para elementos diatómicos, como el Cl_2 , se asume que el radio de un átomo es la mitad de la distancia determinada experimentalmente entre los centros de los átomos. Su valor para el cloro es de 99 picómetros,

según estos autores. Para los metales, el radio atómico puede determinarse a partir de la distancia interatómica en un cristal. Según estos autores el dato en picómetros para el sodio es de 186 pm.

Para los textos incluidos en el *software* se hizo una revisión bibliográfica, según las necesidades de la página en ocasiones se escribieron varias definiciones textuales, como es el caso de las definiciones de enlace químico; en otras ocasiones, la revisión bibliográfica sirvió de sustento para escribir las explicaciones que se asentaron en la página. Siempre manteniendo las condiciones que antes se han explicado, información puntual, explicaciones sencillas y en todo caso evitar la formación de ideas alternativas y no servir de soporte a las ya existentes.

Para las definiciones que se describen en la página se hizo una revisión bibliográfica para elegir diferentes definiciones, y las explicaciones necesarias. A continuación se presenta el desarrollo de cada uno de los modelos de enlace químico.

ENLACE QUÍMICO

La descripción dentro de la página se inicia con una breve reflexión acerca de la complejidad que representa la comprensión de las propiedades observables de las sustancias, y cómo el ser humano en su afán por entender ha elaborado diversos modelos, entre ellos, el enlace químico. Posteriormente se presentan varias definiciones para el enlace químico, las cuales se transcribieron de varios libros de texto y que a continuación se muestran:

Hein y Arena (2001, glosario):

- Fuerza de atracción que mantiene unidos a los átomos en un compuesto.

Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003, glosario):

- Atracción que hay entre dos o más átomos, que los hace mantenerse juntos, reduciendo así la energía potencial de sus electrones.

Garriz y Chamizo (1994, pág. 37):

- Dos o más átomos se unen al ceder, recibir o compartir sus electrones de valencia, y así forman enlaces químicos.

Garriz,, Gasque y Martínez (2005):

- Es el producto de la atracción electrostática neta que se da entre las partículas de carga opuesta de los átomos que se enlazan.

Pauling:

- Se establece un enlace químico entre dos átomos o grupos de átomos cuando las fuerzas que actúan entre ellos son de índole tal que conducen a la formación de un agregado con suficiente estabilidad, que es conveniente para el químico considerarlo como una especie molecular independiente.

En la página no se explica ninguna de las definiciones, se limita a expresar las definiciones mostradas.

Los textos incluidos en la página para dar explicación a los modelos de enlace tratados, esto es, el enlace covalente y el enlace iónico, se fundamentaron en las diferentes definiciones que se encontraron en diversos libros de nivel bachillerato y universidad, partiendo de ahí para elaborar las explicaciones, lo que incluye los términos complementarios y algunos de los ejemplos. A continuación se presentan los modelos incluidos en la página.

3.1 Modelo de enlace iónico

En cuanto al enlace iónico, se determinó tomar en cuenta las definiciones de los libros de texto siguientes, para llevar a cabo las explicaciones correspondientes. A continuación se transcriben las definiciones revisadas.

Spencer, Bodner y Rickard (2000, pág. 211):

- El enlace se forma cuando los iones se juntan.

Chang (2002, pág. 330):

- La fuerza electrostática que une a los iones en un compuesto iónico se denomina enlace iónico.

Garritz y Chamizo (1994, pág. 441):

Este enlace se presenta cuando se unen un metal del lado izquierdo de la tabla periódica, con pequeña electronegatividad, y un no metal del lado derecho, con electronegatividad alta.

Garritz, Gasque y Martínez (2005, pág. 104):

- Un enlace iónico es el enlace químico que se forma por la atracción electrostática neta que existe entre un conjunto de aniones y cationes.

Hein y Arena (2001, glosario):

- Enlace químico entre un ion con carga positiva y un ion con carga negativa.

Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003, pág. 327):

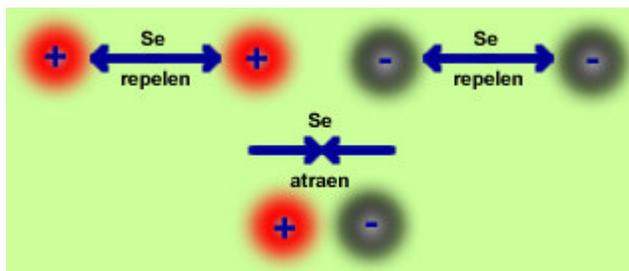
- Se forma cuando se transfiere uno o más electrones de valencia de un átomo a otro, creando así iones positivos y negativos. El “enlace” es la fuerza de atracción entre los iones positivos y negativos.

A partir de las definiciones anteriores, se describe que el modelo de enlace iónico se caracteriza por la presencia de partículas cargadas llamadas iones, los cuales, si tienen carga positiva se nombran cationes y si poseen carga negativa, aniones y que dicho modelo se explica por la atracción electrostática entre los aniones y los cationes que forman el compuesto. Como ejemplo de sustancias con este tipo de modelo se mencionan a halita, fluorita y bauxita. Una vez realizada la explicación anterior fue necesario profundizar sobre algunos conceptos, lo cual se realizó en la página a través del glosario de términos, los conceptos se describen a continuación:

- Atracciones o fuerzas electrostáticas.

Referencia: Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003, pags. 93, 98, l.12).

Son fuerzas de atracción o repulsión ocasionadas por cargas eléctricas. Cuando una sustancia con una carga eléctrica positiva se acerca a otra sustancia con carga eléctrica negativa hay una fuerza de atracción entre ellas. Así mismo, cuando se acercan dos sustancias con la misma carga, ya sea positiva o negativa, se produce una fuerza de repulsión.



Si la fuerza es de atracción se denomina atracción electrostática, si la fuerza es de repulsión, repulsión electrostática.

Las fuerzas de atracción y de repulsión están dadas por la ley de Coulomb, que refiere:

Como observas, para iones de carga opuesta, la fuerza de atracción aumenta al disminuir la distancia y disminuye si aumenta la distancia. Además, entre más grande sea la carga de los iones de carga opuesta mayor será la fuerza de atracción.

- Bauxita (óxido de aluminio)

Referencia: <http://www.pdvsa.com/lexico/museo/minerales/aluminio.htm>



© OCEANO GRUPO EDITORIAL S. A., 1999

El mineral llamado Bauxita es generalmente una mezcla de Gibsita $\text{Al}(\text{OH})_3$ y Caolinita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. A partir de este mineral se obtiene la alúmina y posteriormente el aluminio.

- Características generales de los cristales iónicos

Referencias: Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003, pág. 1.7)

Chang (2002, pág. 56)

- Por lo general se presentan altos puntos de fusión debido a las fuerzas de atracción electrostática muy fuertes y multidireccionales entre iones de signo contrario.
- Se fracturan al someterlos a una fuerza externa, pues se forman planos de repulsión iónica.
- No conducen la electricidad en estado sólido.
- Sí conducen la electricidad cuando están fundidos, debido a la presencia de iones móviles.
- Sí conducen la electricidad cuando están disociados en disolución.

- Cristales iónicos

Referencias: Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003, pág. 1.7)
Chang (2002, pág. 56)

Los compuestos formados únicamente por cationes y aniones se llaman cristales iónicos, están acomodados en una red cristalina y no forman una molécula discreta.

Si observamos una representación de una celda cristalina de un compuesto iónico, por ejemplo NaCl (cloruro de sodio), no se puede definir una molécula, no se logra identificar cuál cloruro y cuál sodio forman una misma molécula.

Además se cuenta con una animación que apoya la explicación.

- Fluorita (fluoruro de calcio).

Referencias: La gran enciclopedia de los minerales, pág. 242.

<http://www.inegi.gob.mx/inegi>; <http://geologia.igeolcu.unam.mx>;

<http://www.mindat.org/min-1576.html>



Color: blanco, amarillo, verde, violeta, rojo violáceo, rosa, excepcionalmente azul o negra. Forma de los cristales: cubos, hexaedros, octaedros, dodecaedros romboédricos. Composición química: Calcio 51.33%, Flúor 48.67%, pequeñas cantidades de tierras raras, etc. Propiedades: soluble en H_2SO_4 (ácido sulfúrico)

Usos: metalurgia, química, óptica, industria del vidrio.

México tiene a nivel mundial, el primer lugar en producción de plata, el segundo en fluorita, el tercero en cadmio y el cuarto en grafito.

- Halita (cloruro de sodio).

Referencias: La gran enciclopedia de los minerales; <http://www.mindat.org>;
<http://www2.pms-lj.si/oddelki/mineralogija/sol.html>



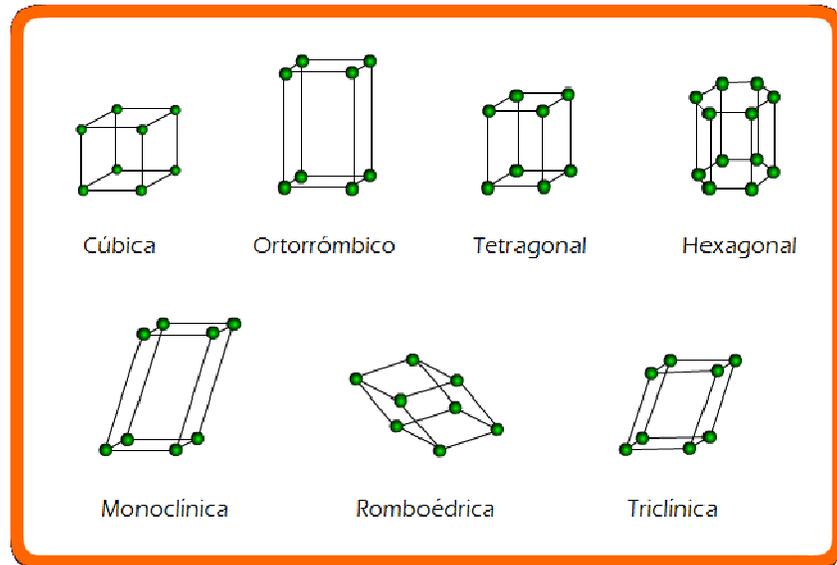
Etimología: del griego hals = sal y lithos = piedra. Mineral compuesto por sodio 39.34% y Cloro 60.66. Fuentes: yacimientos de sal marina, lagos salados, agua de mar, emanaciones volcánicas. Yacimientos de halita en México: Santa Rosalía, Baja California Sur, San Antonio, Chihuahua, Zacazonapan, México, Puerto Chicxulub, Yucatán, Mina Refugio, San Luis Potosí.

- Red cristalina

En la página del modelo de enlace iónico, se explica que: la atracción electrostática es multidireccional, esto es, no es entre un catión y un anión de manera específica, sino entre varios aniones y cationes, por lo que no se puede determinar la presencia de una molécula, en su lugar, lo que se observa es la formación de una red, la que se denomina red cristalina. Esta explicación se complementa con una animación, donde se da una explicación con audio e imágenes.

- Sistemas cristalinos

Únicamente se hace referencia a que los cristales iónicos pueden tener distintas formas, dependiendo el acomodo de sus iones, así se pueden considerar siete formas diferentes, las siguientes:



A continuación se muestran los cristales que ejemplifican cada forma cristalina de la que se está hablando.



En todas las explicaciones realizadas siempre se está considerando las ideas alternativas que poseen los estudiantes, por ejemplo Taber (1994) menciona que es importante centrar la explicación en las fuerzas electrostáticas más que en la historia de la formación de los iones que participan en un enlace iónico. Así dentro de la página justamente se hace una explicación completa del tipo de fuerzas que participan dentro del enlace iónico. Otra observación hecha por el mismo Taber (1994) es que no se limiten los diagramas de un enlace iónico a entidades similares a moléculas, esto es, pares de átomos y pares de iones; en esta página, al momento de explicar el enlace iónico se hace a partir de esquemas que representan el acomodo de iones en un cristal, explicando la imposibilidad de la existencia de moléculas en los compuestos iónicos, problema indicado también por Riboldi, Pliego y Odetti (2004). Además se busca que el alumno considere la existencia de los compuestos iónicos como redes cristalinas.

Además del modelo de enlace iónico, en la página se trata también el modelo de enlace covalente polar y no polar, temas que se desarrollan en los siguientes apartados.

3.2 Modelo de enlace covalente

En el caso del modelo de enlace covalente, en el sitio WEB se explica que el par de electrones es compartido por los átomos que forman el enlace, diferenciando el enlace covalente polar del enlace covalente no polar a través de la probabilidad de que el par electrónico esté más cerca del elemento más electronegativo y la posibilidad de existencia de una densidad de carga mayor sobre él.

En la revisión bibliográfica se encontraron las siguientes definiciones, pero antes de pasar a ellas se debe aclarar que en los diferentes libros consultados se hace referencia de diferentes maneras al enlace covalente, dividiéndolo en polar y no polar; o bien mencionando únicamente el enlace covalente y en enlace covalente no polar; en ocasiones también se hace referencia al enlace covalente no polar como enlace covalente puro. A continuación se presentan las definiciones seleccionadas de los libros de texto y organizadas por autor:

Spencer, Bodner y Rickard (2000, pág. 159):

- Enlace covalente puro: En las moléculas covalentes, los electrones se comparten entre los átomos del enlace. Si estos átomos tienen la misma electronegatividad, el reparto será por igual, y al enlace covalente que resulta se le llama enlace covalente puro.
- Enlace covalente polar: si los átomos con enlace covalente tienen distintas electronegatividades, el átomo más electronegativo atrae más a la densidad electrónica del enlace.

Chang (2002):

- Enlace covalente: enlace en el que dos electrones son compartidos por dos átomos.(pág. 338)
- Enlace covalente polar: cuando los electrones que se comparten pasan más tiempo en la vecindad de un átomo que del otro.(pág. 340)

Garritz y Chamizo (1994):

- Enlace covalente (puro): Enlace en el cual dos átomos comparten electrones provenientes de cada uno de ellos, se le conoce como enlace covalente. (pág. 447)
- Enlace covalente polar, enlace en el que no puede existir una compartición electrónica simétrica, dada la diferencia de electronegatividades existente. (pág. 450)

Garritz, Gasque y Martínez (2005, pág. 106 y 107):

- Enlace covalente: Cuando se comparten electrones entre dos átomos se forma un enlace covalente, que es un enlace de dirección selectiva con el que puede constituir una molécula.
- Enlace covalente no polar: Si son iguales los átomos que forman una molécula diatómica covalente, los electrones se comparten equitativamente entre ambos. Estos enlaces se conocen como enlaces covalentes puros o no polares.
- Cuando un enlace covalente presenta un dipolo se forma un enlace covalente polar.

Hein y Arena (2001, glosario):

- Enlace covalente: Enlace químico formado entre dos átomos que comparten un par de electrones.
- Enlace covalente no polar: enlace covalente entre dos átomos con el mismo valor de electronegatividad; así, los electrones se comparten por igual entre los átomos.
- Enlace covalente polar: enlace covalente entre dos átomos con diferentes valores de electronegatividad, lo que ocasiona una distribución desigual de los electrones de enlace.

Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003):

- Enlace covalente: consiste en que se comparten electrones de valencia entre los átomos.(pág. 327)
- Enlace covalente no polar: Enlace covalente donde se comparte de manera equitativa el par de electrones de enlace. (glosario)
- Enlace covalente polar: Enlace covalente donde el par de electrones de enlace se comparte de manera desigual. (glosario)

Phillips, Strozac y Wistrom (2000):

- Enlace covalente: atracción de dos átomos por un par de electrones compartidos. (glosario)
- Enlace covalente puro: se forma cuando los electrones se comparten en forma equitativa.(pág. 303)
- Enlace covalente polar: se forma cuando los electrones no se comparten igual. (pág. 310)

Como se puede observar no hay una homogeneidad en cuanto a la forma de referirse al modelo covalente, algunos autores hablan de enlace covalente, con dos posibilidades, polar y no polar; otros autores refieren al enlace covalente no polar como puro. Otra diferencia que se encontró es que en los libros de bachillerato se propone la clasificación de enlaces iónico, covalente polar

y no polar basándose en diferencias de electronegatividad, por ejemplo, si la diferencia de electronegatividad entre los átomos que forman el enlace es de cero, el enlace se considera covalente no polar, si la diferencia es diferente de cero pero menor de 1.7 se habla de enlace covalente polar y finalmente si la diferencia es mayor a 1.7 se clasifica al enlace como iónico. Sin embargo, estos valores varían de un autor a otro. Esta clasificación no fue utilizada en este trabajo debido a que se cuenta con diversas excepciones y no se considera adecuada.

En la página primero se hace referencia al modelo de enlace covalente para continuar con la clasificación del mismo en covalente polar y o polar, para lo anterior se explica que en este modelo de enlace los electrones se comparten. Sin embargo, el par electrónico compartido puede pasar más tiempo más cerca de uno u otro átomo, o bien por igual con los dos átomos, dependiendo de la atracción que ejerzan los átomos sobre los electrones que forman el enlace, lo cual explica el enlace covalente polar o el enlace covalente no polar. La mayor atracción de los electrones del enlace hacia uno de los átomos se puede cuantificar a través del parámetro llamado electronegatividad. Los electrones que pueden participar para formar al enlace se nombran como electrones de valencia. Y en seguida se dan algunas características generales de los compuestos covalentes:

- Pueden formar moléculas, a diferencia de los cristales iónicos.
- Las moléculas formadas son neutras, con sus átomos fuertemente unidos por enlaces dirigidos en una sola dirección, estos forman compuestos moleculares.
- Al no estar formadas por iones, no pueden conducir la electricidad ni sólidas ni fundidas.
- Como no poseen iones en sus moléculas, al disolverse, no producen partículas cargadas, por ende no conducen la corriente eléctrica estando disueltas.
- Cuando las moléculas de estas sustancias se mantienen unidas por fuerzas intermoleculares poco intensas, tienen puntos de fusión bajos por lo que son gases o líquidos a temperatura ambiente.
- Los sólidos covalentes con fuerzas multidireccionales tienen altos puntos fusión (diamante, grafito, sílice) y forman sólidos reticulares o periódicos.

Además, esta explicación se complementa con descripciones de algunos de los conceptos mencionados, lo que se muestra a continuación:

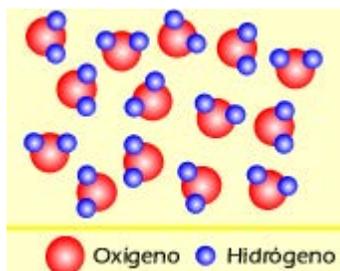
- Compuestos moleculares.

Referencias: Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003, pág. 1.7)

Chang (2002, pág. 56)

Los compuestos moleculares están constituidos por partículas que no son iones y que a su vez forman unidades moleculares discretas.

En los compuestos moleculares sí existen moléculas, por ejemplo el agua. Observa la siguiente representación del agua en la cual las moléculas de agua están definidas, uno oxígeno con dos hidrógenos, formando una molécula.



- Diamante

Referencias: [La gran enciclopedia de los minerales](#)

<http://www.mindat.org/photo-94490.html>



Etimología: del griego *adamantos* = invencible. Color: incoloro, gris azulado, verdoso, amarillento, pardo y negro. Sistema cristalino: cúbico. Forma de los cristales: octaedros, dodecaedros, hexaedros. Composición química: teóricamente C 100%. Posee pequeñas cantidades de Si, Al, Mg, Fe, Ti. Propiedades: insoluble en ácidos y bases. Yacimientos: Los grandes yacimientos de diamantes están en Sudáfrica. También se extraen diamantes en India, Namibia, Angola, Zaire, Sierra Leona, Ghana, Borneo, Brasil, Australia, etc. Usos: instrumentos de corte, pulido y perforación, piedra preciosa.

○ Fuerzas intermoleculares

Referencia: Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003, pág. I.13)

Son interacciones entre moléculas, entre iones o entre moléculas e iones.

Pueden ser:

- Interacciones ion-ion
- Interacciones ion-dipolo
- Interacciones ion-dipolo inducido
- Interacciones dipolo - dipolo
- Interacciones dipolo - dipolo inducido
- Interacciones dipolo instantáneo - dipolo inducido (fuerzas de dispersión)
- Puente de hidrógeno

○ Grafito

Referencias: La Gran Enciclopedia de los Minerales, pág. 34;

<http://www.mindat.org/>

<http://www.inegi.gob.mx/>



Color: gris oscuro, negro, gris metálico. Sistema cristalino: hexagonal. Forma de los cristales: tablillas hexagonales. Muy buen conductor de la electricidad, insoluble en ácidos. Composición química teórica: C 100%, con impurezas de CO_2 , CH_4 , SiO_2 , Al_2O_3 , etc. Yacimientos: Sonora y Coahuila en la República Mexicana; además en Estados Unidos, Alemania, Sri Lanka, Canadá.

Usos: metalurgia, electrotecnia, reactores nucleares, en la fabricación de lápices y como lubricante.

- Sílice

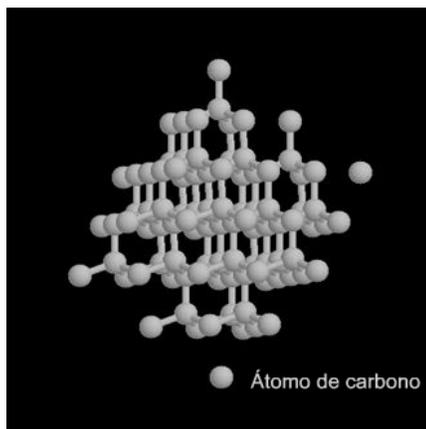
Referencias: <http://www.inegi.gob.mx/>; <http://www.mindat.org/>;

La gran Enciclopedia de los Minerales



El dióxido de silicio tiene la fórmula química SiO_2 , comúnmente llamado sílice. Una forma pura de la sílice es el cuarzo, el cual es un sólido de red. Además, forma parte de muchas rocas como el granito y la piedra arsenisca y la arena. Cuando el cuarzo posee impurezas da lugar a piedras preciosas, como la amatista. Si se encuentra en estado de amorfo constituye el ópalo y suele incluir un porcentaje elevado de agua. Usos: para hacer vidrio, cerámicas y cemento, también como desecante (elimina la humedad). En México se puede encontrar en Baja California y Chihuahua.

- Sólidos reticulares



El sólido reticular o de red cristalina está formado por una red de átomos unidos por enlaces covalentes. Son ejemplos de ellos, el diamante, el grafito, el cuarzo, la mica, etc.

A continuación se desarrolla el modelo de enlace covalente polar y no polar.

3.2.1 Modelo de enlace covalente polar

Para explicar el modelo de enlace covalente polar, al igual que en todas las explicaciones presentadas en la página primero se hizo una revisión bibliográfica; así a continuación se presentan las definiciones que sirvieron de base para la explicación del modelo de enlace covalente polar ordenados por el autor o autores de cada libro de texto de la definición.

Spencer, Bodner y Rickard (2000, pág. 159):

- Enlace covalente polar: si los átomos con enlace covalente tienen distintas electronegatividades, el átomo más electronegativo atrae más a la densidad electrónica del enlace.

Chang (2002, pág. 340):

- Enlace covalente polar: cuando los electrones que se comparten pasan más tiempo en la vecindad de un átomo que del otro.

Garriz y Chamizo (1994, pág. 450):

- Enlace covalente polar, enlace en el que no puede existir una compartición electrónica simétrica, dada la diferencia de electronegatividades existente.

Garriz, Gasque y Martínez (2005):

- Enlace covalente polar: Cuando un enlace covalente presenta un dipolo se forma un enlace covalente polar. (pág. 107)

Hein y Arena (2001, glosario):

- Enlace covalente polar: enlace covalente entre dos átomos con diferentes valores de electronegatividad, lo que ocasiona una distribución desigual de los electrones de enlace.

Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003):

- Enlace covalente polar: Enlace covalente donde el par de electrones de enlace se comparte de manera desigual. (glosario)

Phillips, Strozac y Wistrom (2000):

- Enlace covalente polar: se forma cuando los electrones no se comparten igual. (pág. 310)

Una vez realizada la lectura de las diversas definiciones encontradas en libros para el nivel preuniversitario y universitario, se procedió a escribir la explicación del modelo de enlace covalente polar, lo que se describe enseguida.

En la página la explicación es que en el modelo de enlace covalente polar el par de electrones compartidos que forman el enlace, se encuentra más cerca de uno de los dos átomos, el más electronegativo. Se debe recordar que los electrones que pueden ser utilizados para formar el enlace son denominados como electrones de valencia. Posteriormente se encuentra una animación donde se presenta una breve explicación del modelo a través de la representación de dos átomos y de un par de electrones.

Para finalizar se explica que al ser un átomo considerablemente más electronegativo que el otro, la probabilidad de que el par electrónico se encuentre más cercano a él es mayor, con lo que dicho átomo queda con una carga parcial negativa, que se denomina polo negativo, en cambio, el átomo menos electronegativo quedaría con carga parcial positiva, formando así un polo positivo. Debido a esas cargas parciales se dice que se formó un dipolo entre los dos átomos.

Para complementar la exposición del tema, se agregó en el glosario los términos electrones de valencia y dipolo, explicando cada término de la siguiente manera:

- Electrones de valencia

Referencia: Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003), pág. 325, glosario pág. I.10

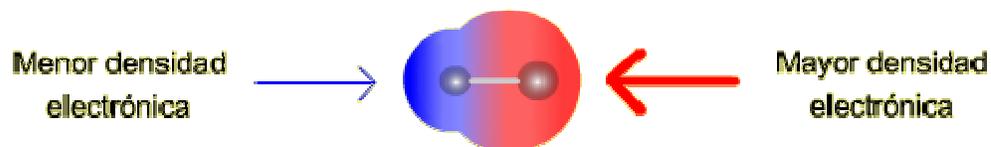
Son los electrones más externos y más reactivos de un átomo. Los electrones de valencia son los que se encuentran en la capa más externa del átomo y determinan sus propiedades químicas, porque las reacciones químicas involucran pérdida, ganancia o reordenamiento de los mismos.

- Dipolo

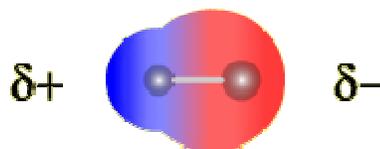
Cuando dos átomos de igual electronegatividad se encuentran unidos, la nube electrónica se distribuye de manera simétrica con respecto al núcleo de cada uno de los átomos.



En cambio cuando dos átomos de diferente electronegatividad están unidos, la distribución de la nube electrónica es asimétrica con respecto a los núcleos.



Debido a esa distribución de carga desigual, se forma una carga parcial positiva sobre la región más deficiente en electrones y una carga parcial negativa sobre la región más rica en electrones.



Estas cargas parciales son polos, un polo positivo y un polo negativo esto es, dos polos, por lo cual se dice que se formó un dipolo.

Con lo anterior terminamos este modelo de enlace para continuar con el modelo de enlace covalente no polar.

3.2.2 Modelo de enlace covalente no polar

Este modelo de enlace se explica siguiendo la línea del modelo de enlace covalente polar, sin embargo se debe mencionar que en la revisión bibliográfica se hace referencia a este tipo de enlace de diversas formas, como: enlace covalente puro, enlace covalente no polar o no se hace referencia explícita a él.

En los libros de texto de química más comúnmente usados se encontraron las siguientes definiciones:

Spencer, Bodner y Rickard (2000, pág. 159):

- Enlace covalente puro: En las moléculas covalentes, los electrones se comparten entre los átomos del enlace. Si estos átomos tienen la misma electronegatividad, el reparto será por igual, y al enlace covalente que resulta se le llama enlace covalente puro.

Hein y Arena (2001, glosario):

- Enlace covalente no polar: enlace covalente entre dos átomos con el mismo valor de electronegatividad; así, los electrones se comparten por igual entre los átomos.

Kotz, Treichel Jr. y Harman (2003, glosario):

- Enlace covalente no polar: Enlace covalente donde se comparte de manera equitativa el par de electrones de enlace.

Phillips, Strozac y Wistrom (2000, pág. 303):

- Enlace covalente puro: se forma cuando los electrones se comparten en forma equitativa.

En la página se expone que en este modelo, los átomos que forman el enlace poseen la misma electronegatividad, por ello, la probabilidad de encontrar al par electrónico que forma el enlace es igual para ambos átomos. Es conveniente señalar que los electrones que pueden formar parte del enlace son llamados como electrones de valencia.

A continuación se presenta en la página una animación que explica el modelo de enlace covalente no polar.

Para finalizar la explicación se indica que como se observó en la animación, a diferencia de lo que sucede con el enlace covalente polar, al tener la misma probabilidad de que los electrones se encuentren más cerca de uno que de otro átomo, no existe la formación de cargas parciales.

En esta parte también existe un vínculo al glosario para el término “electrones de valencia”, sin embargo, éste ya fue descrito en el modelo de enlace covalente polar.

ALCANCES Y LIMITACIONES

La realización de la tesis tenía como intención la creación de un material multimedia que apoyara a los alumnos en el tema de enlace químico y la evaluación del funcionamiento de la página. Durante la planeación del material multimedia, se pretendía cubrir el enlace iónico, covalente y metálico, sin embargo, tuvo que limitarse la construcción del material multimedia al enlace iónico y covalente.

Así también, aun cuando se menciona en la página Web algo sobre los modelos en ciencia, no es objetivo de esta tesis profundizar en este tema.

Asimismo se tenía contemplada una evaluación donde se verificaría el adecuado funcionamiento de la página, se hicieran las correcciones pertinentes y se volviera a evaluar el material ya corregido, sin embargo por cuestiones de tiempo sólo se pudo realizar una evaluación muy sencilla del material elaborado. En esta evaluación del material se pudo vislumbrar un funcionamiento adecuado del material ya que se obtuvieron resultados alentadores los cuales se pudieron observar con los alumnos.

Se encontraron algunas deficiencias en el funcionamiento de la página gracias a la evaluación realizada, por lo que se llevaron a cabo modificaciones en el material, sin embargo no se hizo una evaluación posterior con la finalidad de observar si se corrigieron los problemas detectados.

Sería conveniente que al realizar una evaluación más completa se incluyeran todos los objetivos planteados para los modelos de enlace desarrollados en la página, por ejemplo verificar si los alumnos podrían pensar en que en el modelo de enlace covalente pudieran existir iones en algún momento.

Con la breve evaluación llevada a cabo se puede indicar que se logró que los estudiantes tuvieran conocimiento de que existen cristales iónicos, con características observables, como fracturarse al ser golpeados, conducir la corriente eléctrica al disolverse en agua, entre otras. También se consiguió que los estudiantes reconocieran algunas características que diferencian al modelo de enlace iónico del modelo de enlace covalente, entre las diferencias más mencionadas por los estudiantes fueron:

Modelo de enlace iónico:

- Existencia de iones, aniones y cationes
- No existencia de moléculas
- Se hace poca referencia a la naturaleza multidireccional del enlace
- En cuanto a características de las sustancias iónicas, mencionan que las sustancias iónicas presentan conductividad eléctrica estando disueltas en agua.

Modelo de enlace covalente:

- Los electrones se comparten
- Existen moléculas
- Las moléculas son neutras
- Existencia de densidades de carga
- Relación con la electronegatividad
- En ningún momento los alumnos hacen referencia a ganancia o pérdida de electrones
- No hay mención de electrones fijos o móviles
- Utilizan la densidad electrónica como criterio de diferenciación entre el modelo covalente polar y el no polar.
- Se mencionan algunas características de las sustancias como los puntos de fusión y la no conducción eléctrica.

Cristal iónico

Se cumplió con el objetivo de que los alumnos tuvieran una leve noción de la existencia de cristales iónicos. Entre las características más mencionadas están que está formado por aniones y cationes y que los iones se encuentran en una red cristalina.

Al realizar los cuestionarios ya mencionados, se encontró que el sitio web está funcionando adecuadamente y se pudieron constatar algunos problemas, entre ellos, la confusión entre las características del modelo y las características de las sustancias; otro problema que se presentó es que varios alumnos asumieron que todos los cristales iónicos son cúbicos. La primera deficiencia señalada no se ha terminado de corregir aún, ya que es necesario profundizar en la página sobre el tema de modelos ya que los alumnos no lograron diferenciar las características de los modelos de las características de las sustancias, sería conveniente también que se explicara que no existe un modelo único de enlace, sino que depende de la explicación que desea dar es el modelo a aplicar y la complejidad del mismo, por ejemplo, según las necesidades se puede utilizar el modelo de Lewis, la teoría de enlace valencia o bien la teoría de repulsiones de los electrones de valencia.

El segundo problema se resolvió modificando algunos de los textos e incluyendo una explicación sobre los sistemas cristalinos para demostrar la existencia de otras formas además de la cúbica.

CONCLUSIONES

Las aportaciones de las nuevas tecnologías a la educación están siendo cada vez más importantes. Estas contribuciones incluyen desde el empleo de la computadora para elaborar material didáctico, hasta el uso de la Internet; contando también el empleo de los diferentes tipos de *software* multimedia como material didáctico.

Después de la revisión bibliográfica sobre la elaboración y utilidad del material multimedia construido en computadora, se creó el *software* educativo sobre el tema de enlace; para la construcción de este material se tomaron en cuenta los principios multimedia ya mencionados en los capítulos anteriores, las experiencias con este tipo de materiales, y por supuesto las características de los alumnos a quienes va dirigido, que son principalmente estudiantes de bachillerato, todo con la finalidad de obtener un material de calidad y eficiente, con una buena presentación, muy sencillo de utilizar. Así mismo, se consideraron diversos aspectos relacionados con la enseñanza de la Química en general y del tema de enlaces en particular, por ser un tema central en la comprensión de esta asignatura. Estos aspectos son principalmente las ideas alternativas que presentan los estudiantes y que han sido publicadas, con la finalidad de no generar dichas ideas en los estudiantes y en caso de que ya las posean no fomentarlas, por el contrario, tratar de que el estudiante las cuestione, también se consideró la profundidad y el nivel que se requiere en alumnos de bachillerato y asimismo la experiencia personal como docente de bachillerato.

Al conjuntar todo lo mencionado, se obtuvo un material que apoya a los estudiantes en el difícil tema del enlace químico, en los modelos de enlace iónico, covalente polar y no polar, auxiliando al estudiante en aspectos informativos de los tópicos y algunos conceptos relacionados, pero también en el entendimiento de los temas y apoyándolo en conceptos abstractos con lo que se fomenta la comprensión de los mismos.

Como una primera evaluación del material multimedia elaborado se presentó a dos grupos de estudiantes, trabajando en dos formas de aplicación diferentes.

Aplicación 1

Se realizó a 37 estudiantes, a los cuales se les pidió que revisaran el material multimedia elaborado a su conformidad; posteriormente se les indicó que apagaran la computadora y contestaran el cuestionario. Los resultados se encuentran en el capítulo 2, Tablas 5 a 11.

Aplicación 2.

Se realizó con 27 estudiantes, a los cuales se repartió el cuestionario y se les indicó que contestaran las preguntas utilizando como fuente de información el material multimedia elaborado. Los resultados se encuentran en el capítulo 2, Tablas 12 a 18.

Como se puede observar el resultado de ambas aplicaciones fue satisfactorio ya que los alumnos contestaron en general de manera adecuada a las preguntas. También se detectaron algunos problemas, entre ellos, que la mayoría de los alumnos asumieron que todos los cristales iónicos son cúbicos, por lo que se colocó una explicación de los sistemas cristalinos y algunos ejemplos de ellos. Otro problema que se detectó es que los alumnos confunden las características de los compuestos con las correspondientes al modelo de enlace, al parecer los alumnos no logran diferenciar las propiedades de los compuestos, las cuales son observables, de los modelos que se utilizan para explicar dichos comportamientos, esto parece indicar que para los alumnos no hay diferencia entre el modelo que explica a la realidad y la realidad en sí misma; para tratar de solucionar este problema se modificó parte de la explicación, haciendo énfasis en cuáles son características de las sustancias y cuáles son modelos.

Además se detectó que no quedaba claro que no existe la posibilidad de formación de moléculas en el caso del modelo de enlace iónico por lo que nuevamente se realizaron modificaciones para hacer énfasis en la imposibilidad de la existencia de moléculas iónicas, para ello se profundizó en las explicaciones y se realizaron algunas animaciones.

Las respuestas a las preguntas de los cuestionarios muestran en general que los objetivos del material elaborado se cumplieron, entre ellos que en el modelo de enlace covalente los electrones se comparten, en cambio en el modelo de enlace iónico las partículas involucradas son iones y se encuentran acomodados en un cristal iónico. Así también, los alumnos mostraron haber adquirido conocimientos sobre algunas diferencias entre el modelo de enlace covalente polar y no polar, que tienen que ver con la electronegatividad y la formación de cargas parciales.

No se encontró evidencia de la generación de alguna idea alternativa.

Se puede concluir que el material multimedia elaborado es una fuente de información sencilla y clara que no genera ideas equivocadas y que los alumnos sí pudieron comprender los tipos de modelos de enlace que se manejaron.

Finalmente el material elaborado cumple con otro de los objetivos planteados un material multimedia que se encuentra en la Internet para estar al alcance de todos los alumnos, sin costo alguno, evitando problemas de horario y de traslado. Es un *software* libre y por encontrarse en la red podrá ser consultado en cualquier momento y desde cualquier lugar, sin problemas de abasto de material. El sitio Web está disponible en la URL: <http://depa.pquim.unam.mx/quimicaIII>

BIBLIOGRAFÍA

- Angeli, C. (2005) Transforming a teacher education method course through technology: effects on preservice teachers' technology competency. *Computers & Education* **45** (4), 383-398.
- ANUIES página consultada el 4 de noviembre del 2007 en la URL http://www.anui.es/servicios/e_educacion/index2.php
- Aparici, R. (1987) La educación para los medios de comunicación. Antología. Sociedad, pensamiento y educación II, vol. 1. Universidad Pedagógica Nacional.
- Apperson J. M., Laws E. L. y Scepansky J. A. (2006) The impact of presentation graphics on students' experience in the classroom. *Computers & Education* **47**(1) 116–126
- Ausubel, D., Hanesian, H. y Novak, J. (2001) *Psicología Educativa*. Editorial Trillas. México.
- Balocchi, E., Modak, B., Martínez-Martínez, M., Padilla, K., Reyes, F. y Garritz, A. (2005 y 2006). Aprendizaje cooperativo del concepto 'cantidad de sustancia' con base en la teoría atómica de Dalton y la reacción química. *Educación Química* PARTE I, **16**(3) 469-485; PARTE II **16**(4), 550-567; PARTE III **17**(1), 14-32.
- Barak, M. (2007) Transition from traditional to ICT-enhanced learning environments in undergraduate chemistry courses. *Computers & Education* **48** (1), 30-43.
- Barker, V. (2000). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. A report prepared for the Royal Society of Chemistry, versión electrónica, pp. 1-79. Consultada en la URL: <http://www.chemsoc.org/networks/learnnet/miscon.htm>. Se cuenta con la siguiente traducción al español de una versión más actualizada: Kind, Vanessa, (2004). *Más allá de las apariencias. Las ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*, Santillana-Facultad de Química de la UNAM.
- Barnea, N. y Dori Y. J. (1996) Computerized Molecular Modeling as a Tool To Improve Chemistry Teaching *J. Chem. Inf. Comput. Sci* (36), 629-636
- Birk, J. y Kurtz, M. (1999). Effect of experience on retention and elimination of misconceptions about molecular structure and bonding, *Journal of Chemical Education* **76**(1), 124–128.
- Boiani, M. Buccino, P., Cerecetto, H. González, M., López, V., Saenz, P., Seoane, G. Loureiro, S., Míguez, M. y Otegui, X. (2004) Uso de Modelado Molecular como herramienta didáctica en el primer curso de grado de Química Orgánica. *Educación Química*, **15**, Número extraordinario 349-352.

- Brito, R. (2000) Las nuevas tecnologías aplicadas a la educación del siglo XXI. Revista La Tarea - Nuevas tecnologías en educación. Consultada el 4 de noviembre del 2007 en la URL: <http://www.latarea.com.mx/articu/articu12/brito12.htm>
- Burke, K.; Greenbowe, T.J.; Windschitl, M.A. (1998) Developing and Using Conceptual Computer Animations for Chemistry Instruction *J. Chem. Educ.*, **75**, 1658.
- Castro y Lluriá, R. (1995). *Discurso e introducción de la informática en la educación*. Cuadernos del Ticom, Universidad Autónoma Metropolitana.
- Chang, R. (2002) *Química*. Colombia: Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Cole, R.S. y Todd, J.B. (2003) Effects of Web-Based Multimedia Homework with Immediate Rich Feedback on Student Learning W in General Chemistry. *Journal of Chemical Education* **80** No. 11, 1338-1343.
- Coll, R. K. y Treagust, D. F. (2001). Learners' Mental Models of Chemical Bonding. *Research in Science Education* **31**, 357-382.
- Criswell, B. (2006) A Diaper a Day and What's Going on with Gaviscon?: Two Lab Activities Focusing on Chemical Bonding Concepts *J. Chem. Educ.* **83**(4), 574-576.
- Criswell, B. (2006) Ions or Molecules? Polymer Gels Can Tell *J. Chem. Educ.* **83**(4), 576A.
- Fainholc, B. (1995) *La tecnología educativa propia y apropiada*; AIQUE, Primera edición, Argentina.
- Flores, R. (1994) *Hacia una pedagogía del conocimiento*. McGraw-Hill.
- Furió C. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida, *Educación Química* Vol. **17** (número extraordinario), 222-227.
- Gabel, D. y Sherwood, R. (1980). The effect of student manipulation of molecular models on chemistry achievement according to Piagetian level. *Journal of Research in Science Teaching*, **17**(1), 75-81.
- Gamboa, F. (2007) Ergonomía cognitiva. El diseño de aplicaciones interactivas, en: *Diseño y usuario. Aplicaciones de la ergonomía*. Designio, México.
- Gamboa, F. (2007a) Ergonomía en Multimedia. Laboratorio de Interacción Humano-Instrumento y Multimedia, Centro de Instrumentos UNAM. Escrito disponible en la URL: <http://depa.fquim.unam.mx/madems/Ergonomia%20en%20Multimedia.pdf> consultado el 4 de noviembre del 2007.
- Gándara, M. (1997): "¿Qué son los programas multimedia...", en Turrent, A., Coord., 1999, *Uso de nuevas tecnologías y su aplicación en la educación a distancia*, Módulos IV, V y VI. ULSA. México, pp. 129-152.

- García Franco, A. y Garritz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato, *Enseñanza de las Ciencias* **24**(1), 111-124.
- García-Ruiz, M.A., Bustos-Mendoza, C., Andrade-Aréchiga, M., Acosta-Ruiz, R. (2006) Panorama de la realidad virtual aplicada a la enseñanza de propiedades moleculares, *Educación Química* **17**(1), 45-51.
- García-Valcárcel, A. (1996) Las nuevas tecnologías en la formación del profesorado, en: Tejedor y García-Valcárcel, *Perspectivas de las nuevas tecnologías en la educación*, pp.185-199. Madrid. Editorial Narcea.
- Garritz, A. y Chamizo, J.A. (1994). *Química*. Wilmington, Delaware, USA: Addison-Wesley Iberoamericana. La segunda edición de este libro es (2001) *Tú y la química*. México: Pearson Educación.
- Garritz, A., Gasque, L. y Martínez, A. (2005). *Química Universitaria*, México: Pearson Education de México, S. A. de C. V.
- Glatthorn, A. (1994) Constructivism: Implications for curriculum. *International Journal of Educational Reform* **3**(4), 449-455.
- Gillespie, R. J. (1997). The great ideas of chemistry. *Journal of Chemical Education* **74**(7), 862-864.
- Guttormsen, Schâr, S. Kaiser, J. (2006) Revising (multi-) media learning principles by applying a differentiated knowledge concept. *International Journal of Human Computer Studies* **64**, 1061-1070.
- Harris, M. (2006) Chemical Bonding Makes a Difference!, *J. Chem. Educ.* **83**(10), 1435.
- Hein, M. y Arena, S. (2000). *Foundations of College Chemistry*, Tenth Ed. e *Introduction to General, Organic and Biochemistry*, 7th. Edition. Brooks/Cole. Traducido como (2001) *Fundamentos de química*. México: International Thomson Editores, S.A. de C.V.
- Jenkinson, G. A multimedia approach to lab reporting via computer presentation software, *J. Chem. Educ.* **76**(2), 283-284, 1999.
- Johnson, J., Yalkowsky, S. (2002) A Three-dimensional Model for Water *J. Chem. Educ.* **79**(9), 1088-1090.
- Johnstone, A. H. (1997) Chemistry Teaching—Science or Alchemy? 1996 Brasted Lecture, *J. Chem. Educ.* **74**(3), 262-268.
- Lledó, A., Cañal, P. (1993) El diseño y desarrollo de materiales curriculares en un modelo investigativo. *Investigación en la Escuela* No. 21, pp. 9- 19.
- Kelter, P. (1991) Razones por las que la enseñanza de la Química debe cambiar. *Educación Química*, **2** (1) 8-10.

- Kotz, J., Treichel Jr. P. y Harman, P. (2003) *Química y reacciones químicas*, México: Thomson.
- Jenkinson, G. A multimedia approach to lab reporting via computer presentation software, *J. Chem. Educ.* **76(2)**, 283-284, 1999.
- Jones, L, Jordan, K.D. y Stillings, N. E. (2005) Molecular visualization in chemistry education: the role of multidisciplinary collaboration. *Chemistry Education Research and Practice* **6** (3) 136-149.
- MADEMS (2003). Programa de maestría en docencia para la educación media superior
Página consultada el 4 de noviembre del 2007 en la URL:
<http://www.posgrado.unam.mx/madems/PDF/plan.pdf>
- Magnasco, V. (2004) A Model for the Chemical Bond, *J. Chem. Educ.* **81(3)**, 427-435.
- Mancinas, A. (1999) ¿Qué modelos pedagógicos para qué nuevas tecnologías de la información? En: *SOMECE. Memorias. Simposio Internacional de Computación en la Educación*, México.
- Maron, S. H. y Prutton, C. F. (1987) *Fundamentos de Fisicoquímica*, México: Editorial LIMUSA, S.A. de C.V.
- Marqués, P. Diseño y evaluación de programas educativos. Página consultada el 4 de noviembre del 2007 en la URL: <http://www.xtec.es/~pmarques/edusoft.htm>
- Mayer, R.E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mayer, R.E. (2003) The promise of multimedia learning: using the same instructional desing methods across different media, *Learning and Instruction* **13(2003)** 125-139.
- Mayer, R.E. (2004). Teaching of the subject matter, *Annu. Rev. Psychol.* **55**, 715–744.
- Mishra, A. Sharma, R. (2004) *Interactive Multimedia in Education and Training*. Indira Gandhi National Open University, India Idea Group Publishing.
- *Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato de la UNAM* (2000) Consejo Académico del Bachillerato. Universidad Nacional Autónoma de México. Primera Aproximación.
- Orlik, Y. (2002) *Métodos activos de enseñanza y aprendizaje*. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Pauling, L. (1992) The nature of the chemical bond, *Journal of Chemical Education*, **69(6)** 519-521.
- Perkins, D. (1995) *La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Gedisa, Barcelona
- Peterson, R. F. and Treagust, D. F. (1989) Grade-12 Students' misconceptions of covalent bonding and structure, *Journal of Chemical Education* **66(6)** 459-460.

- Peterson, R. F., Treagust D. F. (1989) Grade -12 Students' Misconceptions of Covalent Bonding and Structure. *Journal of Chemical Education*, **66** (6), 459, 460.
- Phillips, J. S., Strozac, V. S. y Wistrom, C. (2000) Química. *Conceptos y aplicaciones*, México: Mc Graw Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- PISA (2003a) Aprender para el futuro. México en la evaluación del PISA 2003. Documento consultado el 4 de noviembre del 2007 en la URL http://www.inee.edu.mx/images/stories/documentos_pdf/Publicaciones/Folletos/Fundacion_este_pais/s05-aprender_para_el_futuro.pdf
- PISA (2003b) Documento consultado en agosto del 2006 en la URL http://www.anep.edu.uy/dir_plan_sec_educ/dir_inv_eva_esta/area_eval_ap/pisa/pisa_2003/pdf_2003/La%20Evaluaci%C3%B3n%20internacional%20PISA.pdf
- PISA (2005) the definition and selection of key competences. Página consultada el 4 de noviembre del 2007 en la URL <http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf>
- *Plan de desarrollo 2002 – 2006 de la Escuela Nacional Preparatoria*. Se imprimió en los talleres de la Fundación Roberto Medellín, S.C. Mayo 2003.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. y Gertzog, W. A., Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change, *Science Education*, **66**(2), 211-227 (1982).
- Pounds, A. J. (2005) The Chemical Bond: A Fundamental Quantum–Mechanical Picture (Springer Series in Chemical Physics) (Tadamassa Shida), *J. Chem. Educ.* **82**(7), 1000.
- Programa de Química III, *Plan de estudios, Escuela Nacional Preparatoria*, U.N.A.M. 1992.
- Rabinovich, D. (2003) Chemical Bonding and Molecular Geometry: From Lewis to Electron Densities (Gillespie and Popelier), *J. Chem. Educ.* **80**(1), 31.
- Riboldi, L., Pliego, O. y Odette, H. (2004) El enlace químico: Una conceptualización poco comprendida, *Enseñanza de las ciencias* **22**(2), 195-212.
- Seale, J. K. y Cann, A. J. (2000) Reflection on-line or o.-line: the role of learning technologies in encouraging students to reflect, *Computers & Education* **34**(3) 309-320.
- Spencer, J. N., Bodner, G. M. y Rickard, L. H. (2000) *Química. Estructura y dinámica*. México: CECSA.
- Shiland, T.W., (1999), Constructivism: the implication for laboratory work, *Journal of Chemical Education*, **76**, 107-108.
- Sutherland, R. A (2000) new enviroment for education? The computer in the home, *Comp. & Educ.* **34**, 195-212.

- Susskind, J. E. (2005) PowerPoint_s power in the classroom: enhancing students' self-efficacy and attitudes. *Computers & Education* **45** (2) 203–215.
- Taagepera, M., Arasasingham, R., Potter, F., Soroudi, A., Lam, G., (2002) Following the Development of the Bonding Concept Using Knowledge Space Theory *J. Chem. Educ.* **79**(6), 756-762.
- Taber, K. S. (1994) Misunderstanding the ionic bond. *Education in Chemistry*, **31**(4)100–103.
- Taber, K.S. (1997) Student understanding of ionic bonding: molecular versus electrostatic framework? *School Science Review* **78**(285), 85-95.
- Tamayo, A. (1999) *Cómo identificar formas de enseñanza*. Cooperativa Editorial Magisterio. Colección Mesa Redonda. Colombia.
- Tversky, B. Animation: can it facilitate? *Int. J. Human-Computer Studies*, **57**, 247-262, 2002.
- UNESCO Página consultada el 4 de noviembre del 2007 en la URL http://www.unesco.org/education/pdf/DELORS_S.PDF
- Varcárcel, A. Tejedor, F. (1996) Las nuevas tecnologías en la formación del profesorado. Editorial Narcea, Madrid.
- Vilchis Salcedo, Norma. (2005) *El software educativo y su utilidad como recurso didáctico*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.
- Vizcarro, C. (1998) *Nuevas tecnologías para el aprendizaje*. Ediciones Pirámide, Madrid.
- Yalkowsky, S., Johnson, J. (2004) Three-Dimensional Model for Water: Magnets as Dipoles, *J. Chem. Educ.* **81**(1), 34.
- Yang E. M, T., Greenbowe, J. y Andre, T. (2004) The Effective Use of an Interactive Software Program To Reduce Students' Misconceptions about Batteries. *Journal of Chemical Education* **81** (4), 587-595.
- Zaldivar-Coria, I. (2001). *Desarrollo de software para el mejoramiento de la enseñanza en química inorgánica*. Ver. 1.0, Tesis de Licenciatura. Facultad de Química-DePA, UNAM.