

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

**REPERCUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO  
CONCEPTUAL EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA:  
EL ENLACE IÓNICO, EL ENLACE METÁLICO Y EL INGENIERO  
QUÍMICO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERA QUÍMICA**

**PRESENTA**

**LAURA VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ**

**MÉXICO D. F.**

**2006**



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.

JURADO ASIGNADO:

Presidente	Prof. Silvia Bello Garcés.
Vocal	Prof. Gisela Hernández Millán
Secretario	Prof. Andoni Garritz Ruiz
1 <sup>er</sup> Suplente	Prof. Myrna Carrillo Chávez
2 <sup>o</sup> Suplente	Prof. Elizabeth Nieto Calleja

Sitio donde se desarrolló el tema:

**FACULTAD DE QUÍMICA**

Nombre completo y firma del asesor:

Prof. Silvia Bello Garcés

Nombre completo y firma del  
sustentante:

Laura Velázquez Velázquez

---

firma

---

firma

## AGRADECIMIENTOS

### **A mi Dios:**

*Así dijo Dios:*

*No se alabe el sabio en su sabiduría, ni en su valentía se alabe el valiente, ni el rico se alabe en sus riquezas. Mas alábese en esto el que se hubiere de alabar: en entenderme y conocerme, que yo soy Dios, que hago misericordia, juicio y justicia en la tierra; porque estas cosas quiero, dice el Señor. Jeremías 9:23,24*

### **A mi asesora:**

Silvia Bello Garcés, con todo mi cariño y respeto, gracias maestra por invertir de su tiempo en mi y enseñarme, por ser una maestra de verdad, una maestra con el corazón en la mano y que hace del aprender una delicia.

### **A mi jurado:**

Dr. Andoni Garritz Ruíz con respeto y admiración, gracias por sus valiosas aportaciones.

Maestra Gisela Hernández con respeto y admiración, gracias por sus valiosas aportaciones.

### **A mi madre:**

Noemí Velázquez Sánchez, para quien la ilusión de ser parte de esta Facultad no la vio realizada sino conmigo (sin yo saberlo). “Gracias por ser mi mamá y creer en mí”.

### **A mi familia:**

José Luis, mi esposo y Karla, Paola, Luis David e Israel, mis hijos, a quienes espero haberles hecho saber siempre cuanto los amo y lo importantes que son para mí. *Todo tiene su tiempo, y todo lo que se quiere debajo del cielo tiene su hora. Eclesiastés 3:1*

Alejandra Colín de Orozco, por su ayuda y apoyo en todo momento.

A una lista grande de personas que ha hecho de mí lo que soy y a quienes me encuentro infinitamente agradecida, gracias por su amor, ayuda, inversión, paciencia y comprensión, mencionarlos por nombre lo haré en dedicatoria personal de mi puño y letra.

# CONTENIDO

## INTRODUCCIÓN

- Objetivos

## CAPÍTULO I EL CAMBIO CONCEPTUAL EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

- Antecedentes
- Ideas Previas
- El Aprendizaje
- Cambio Conceptual
- Tabla I
- Conflicto Cognitivo

## CAPÍTULO II LA FORMACIÓN QUÍMICA DEL INGENIERO QUÍMICO

- Antecedentes
- La Enseñanza de la Química
- ¿Que hace un ingeniero químico?

## CAPÍTULO III LA ENSEÑANZA DEL ENLACE QUÍMICO Y SUS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS

- Ideas Iniciales
- La aportación cuántica
- Hacia una definición del enlace químico
- Cuadros comparativos: Enlace Iónico, Enlace Covalente y Enlace Metálico.
- Estructura cristalina y enlace.
- Las concepciones alternativas. Cómo se refuerzan y cómo se puede promover el cambio conceptual.

## **CAPÍTULO IV      LA INVESTIGACIÓN**

- Metodología
- Instrumentos: Cuestionario I y II
- Resultados
- Análisis de Resultados
- Cuadros de algunas ideas previas detectadas

## **CAPÍTULO V      RECOMENDACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DEL ENLACE QUÍMICO**

- Tecnología aplicación del conocimiento
- El cambio conceptual como proceso
- Fundamentos de la corriente eléctrica
- Los Semiconductores
- Superconductores
- Hacia una teoría del enlace unificado
- Recomendación pedagógica

## **CAPÍTULO VI      REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONES**

## **REFERENCIAS**

## **APÉNDICE**

- Glosario de Términos

# **INTRODUCCIÓN**

La investigación en las concepciones de los maestros y los estudiantes, y sus roles en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, se ha constituido en uno de los más importantes dominios en el campo de la investigación en didáctica de las ciencias, durante las últimas tres décadas.

Dio inicio en los años setenta con la investigación de concepciones pre-instruccionales o ideas previas dentro del contenido de varios dominios de la ciencia. Y fueron Posner, Strike, Hewson y Gertzog quienes en el año de 1982 propusieron los requisitos necesarios para que se dé el cambio de los conceptos.

Se sabe ya hoy en día que los estudiantes sostienen su conocimiento a través de concepciones enraizadas profundamente, y más aún, que éstas no presentan una armonía con los puntos de vista científicos, y en muchas ocasiones son totalmente contrastantes. Entendemos como cambio conceptual al fenómeno que sucede cuando las concepciones existentes en los individuos se van acercando a las concepciones que la comunidad científica acepta.

El cambio conceptual es probablemente el fenómeno de mayor trascendencia en el proceso de adquisición del conocimiento, aunque sólo a partir de los años ochentas se le ha dedicado una atención prioritaria. La teoría de cambio conceptual forma parte de la estructura del constructivismo, que es una corriente que plantea que el aprendizaje es el resultado de la interacción entre lo que se enseña al alumno y sus propias ideas o conceptos.

La organización de este campo de investigación nos ha permitido delimitar aquellos aspectos cuya necesidad de investigación era prioritaria para el avance del proceso enseñanza-aprendizaje e ir tomando una postura ante ellos.

Los modelos de cambio conceptual parten, necesariamente, de las explicaciones construidas por los sujetos para entender y actuar en su entorno. Por lo tanto, dichos modelos no podrían comprenderse al margen de lo que se



sabe sobre el conocimiento previo o las concepciones alternativas de los sujetos. Estamos en un momento donde muchos autores trabajan en plantear una teoría bien articulada que describa o explique las dimensiones sustantivas del proceso por el que las personas cambian sus conceptos centrales y organizadores, desde un conjunto de conceptos a otro, incompatible con el primero.

El concepto de enlace químico es un concepto medular en la construcción de la química como la conocemos hoy en día. Como concepto indispensable para explicar la cohesión de la materia, el enlace químico, desempeña un papel fundamental en las propiedades de los materiales.

Como ocurre siempre en cuestiones científicas, cambiar conceptos es un trabajo a largo plazo, así que formuladas ya hace mucho más de cincuenta años las teorías cuánticas, se hace necesario integrar éstas a la enseñanza del mismo. Esto deberá conducir a proponer estrategias que nos lleven a superar la distinción clásica entre **enlaces iónico, covalente y metálico**. A ello obedece la recomendación de enseñanza que se plantea en esta tesis, con la intención de contribuir a este campo.

El concepto de enlace químico que se ha trabajado dentro de los numerosos temas que se han abordado en los estudios de concepciones alternativas está siendo un tema a revisar dentro de la química por su relevancia dentro de la misma. Hoy en día se piensa que la mayoría de las concepciones alternativas sobre enlace químico, por lo abstracto del concepto, se aprenden en la escuela, ya que es difícil que los estudiantes tengan una idea fuera del salón de clases sobre el enlace químico y sus diferentes modalidades, por lo que es de esperarse que muchas de sus concepciones vienen de los textos y los docentes que también las tienen.

Como se verá en el desarrollo de este trabajo hay muchos factores que influyen en la formación de una estructura cognitiva y en la asimilación de un conocimiento.

El área de investigación sobre enseñanza de las ciencias está caminando apresuradamente, buscando encontrar las mejores propuestas para que el conocimiento y aplicación de la ciencia se traduzcan en un beneficio tecnológico para la humanidad.

Pretendemos centrar la atención de aquellos que contribuyen a la formación de profesionales en el entendimiento de que hoy por hoy el entorno social, la forma en que aprendemos y la aplicación de dichos conocimientos es una gran responsabilidad dentro de la formación de una comunidad que dirigirá el rumbo de esta nación.

Así mismo, entendemos que la forma en que se enseña y la forma como se aprende son temas de suma importancia a los que debiera dárseles toda la relevancia que tienen. La revisión de los esquemas mentales cognitivos y la asimilación del conocimiento debiera ser una tarea continua de aquellos que se encuentran al frente en la labor docente.

Es importante introducir los avances que la investigación sobre enseñanza de las ciencias está aportando, de modo que podamos dejar viejos moldes que no nos han proporcionado los resultados deseados.

Desafortunadamente aún existen ideas arraigadas en cuanto a la enseñanza de modo que algunos creen que los conocimientos por ser explicados en clase o leídos en un artículo ya son comprendidos, implantados y más aún asimilados.

Es de suma importancia considerar que la asimilación del conocimiento no depende solamente de la capacidad de un buen docente sino de la forma en que éste comprende y enseña dicho conocimiento, y más aún, de la forma como el estudiante lo adquiere y asimila.

Así, con este trabajo buscamos alcanzar básicamente cuatro objetivos:

- Hacer una breve revisión sobre algunas aportaciones publicadas respecto del cambio conceptual.
- Destacar el papel que juega la motivación y la reutilización de los conocimientos para el proceso del cambio conceptual.
- Exponer algunas de las ideas previas encontradas en la comunidad de estudiantes de Ingeniería Química de la Facultad de Química.
- Proponer una recomendación que nos lleve a la enseñanza del enlace químico unificado.

El trabajo presentado consta de seis capítulos:

- En el Capítulo I se hace una breve revisión de los avances sobre cambio conceptual y las propuestas de diferentes investigadores sobre el tema. Se pretende presentar un documento que proporcione, de una manera sencilla, una fuente de información para aquellos que están involucrados en el área de la docencia.
- En el Capítulo II presentamos los antecedentes de la química, la industria química y el perfil del ingeniero químico. Pretendemos ubicar al ingeniero químico dentro del entorno socio-económico actual.
- En el Capítulo III se presentan los conceptos de enlace químico, cómo se enseña éste, abordando lo que se encuentra reportado en la bibliografía e incluyendo la detección de algunas ideas previas y cómo se arraigan más. También se plantean ideas para promover el cambio conceptual.
- En el Capítulo IV se expone la investigación realizada dentro de la Facultad de Química sobre el conocimiento del enlace químico y de sus diferentes modalidades. Se utilizaron dos cuestionarios que, además de proporcionarnos información sobre los temas de interés, nos brindaron información valiosa sobre las ideas previas existentes en los alumnos y aún más, la importancia que el ingeniero químico en formación le da a estos conocimientos, con base en la idea que tiene de su profesión

- En el Capítulo V se presenta una recomendación didáctica que busca presentar el enlace químico unificado como un tema importante dentro de la enseñanza de la química, utilizando algunas aplicaciones tecnológicas -como lo son los fenómenos de semiconducción y superconducción- para despertar en el ingeniero químico por un lado el interés de aprenderlo y, por otro lado, llevarlo a vincular sus conocimientos de modo que participe en la creación e innovación de tecnología.
  
- El Capítulo VI contiene las conclusiones del trabajo y los alcances del mismo.
  
- Se ha incluido un glosario de términos relevantes para esta investigación, en el Apéndice.

# **CAPÍTULO UNO**

## **El Cambio Conceptual en la Enseñanza de las Ciencias**

## **ANTECEDENTES**

A unos años de iniciado el siglo XXI estamos viviendo en un mundo lleno de rápidos cambios. En ocasiones, más rápidos de lo que podríamos explicar y enseñar a otros. El desarrollo acelerado ha sorprendido especialmente en cuestión de enseñanza, puesto que se ha comprobado que hablar en la vida diaria de cristales líquidos, nanotecnología, robótica, superconducción y satélites, no implica que exista un buen entendimiento de la ciencia.

Hoy en día podemos observar que en prestigiados centros de enseñanza aún no se resuelven los problemas de aprendizaje. La razón principal del estancamiento educativo en algunas áreas es la falta de actualización y consideración de las aportaciones más recientes que nos explican cómo aprendemos los individuos y cómo vamos formando nuestras concepciones e integrándolas a nuestra estructura cognitiva.

Existe una gran inquietud que radica en encontrar un conjunto de técnicas y estrategias que permitan hacer que los alumnos realmente aprendan nuevos conocimientos y que estos sean perdurables a través de los años, de la misma forma como cuando aprendimos a caminar, nadar, andar en bicicleta y demás conocimientos y habilidades, que han quedado integradas ya en nuestras estructuras cognitivas y que podemos hacer uso de ellas en cualquier momento.

La enseñanza tradicional se puede comparar a una línea de producción, en la que colocamos materia prima en la línea (información) y la mano de obra (alumnos) debe transformarla en un resultado o producto (aprendizaje), sin tomar en cuenta que los seres humanos aprendemos en forma diferente y que hay varios estilos de aprendizaje y canales dominantes de percepción, los cuales hasta la fecha no siempre se utilizan en forma efectiva.

La amplia e intensa investigación que se ha venido realizando desde el siglo pasado en el área de la Enseñanza de las Ciencias ha arrojado resultados interesantes. El más impactante ha sido, sin lugar a dudas el reconocimiento de que el aprendiz participa activamente en su propio aprendizaje.

En la hipótesis de la enseñanza tradicional, el aprendiz capturaría fielmente la información independientemente de su entorno social y otros factores.

Como resultado de muchas investigaciones se llegó a la conclusión de que el aprendiz interpreta e integra la información a su estructura mental y, para ello, se vale de una serie de herramientas e ideas que hacen que el aprendizaje no sea un proceso tan simple.

Las dificultades en el aprendizaje vienen determinadas por la forma en que el alumno organiza sus conocimientos a partir de sus propias teorías implícitas, sobre los distintos dominios.

Las investigaciones que se han realizado en relación con la comprensión de los procesos de aprendizaje de la ciencia se han centrado en estudiar las ideas intuitivas fuertemente arraigadas o ideas previas, con las que los alumnos llegan a la escuela y las dificultades que esas ideas provocan en la adquisición del conocimiento científico, de modo que muchas de esas ideas persisten incluso después de varios años de instrucción escolarizada.

## **IDEAS PREVIAS**

Las ideas previas, también conocidas como concepciones alternativas, errores conceptuales (misconceptions, en inglés), ciencia de los niños, entre otras han sido tratadas en numerosas publicaciones impresas y electrónicas (Flores, 2002, Bello y Valdez, 2002, Trinidad Velasco y Garritz, 2003) y son construcciones que los sujetos elaboramos para dar respuesta a nuestra

necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, para brindar explicaciones, descripciones o predicciones.

Son construcciones personales, pero a la vez universales y muy resistentes al cambio; muchas veces persisten a pesar de largos años de instrucción escolarizada. Es importante que conozcamos los resultados de trabajos de investigación que nos reportan la existencia y persistencia de estas ideas ya que cada individuo cuenta con una estructura personal que va integrando los nuevos conocimientos desde su propia perspectiva y de acuerdo a su experiencia, aun cuando ésta difiera totalmente de una explicación científica.

Simplemente el razonamiento que fundamenta las ideas del individuo trae una seguridad y es difícil hacerlo a un lado cuando ha sido tan amigable y útil para muchos casos. Es cuando aparece un caso particular en donde toda nuestra ciencia personal es conmocionada cuando nos encontramos en la necesidad de encontrar nuevas teorías que respondan a esa nueva situación. Esto ha sucedido a lo largo de la historia de la ciencia, y son las nuevas aportaciones las que han servido para que algunos modelos sean superados por otros que responden a mayor número de proposiciones, dando una respuesta a la realidad que enfrentamos. Esto sucedió de manera muy evidente con las teorías y los modelos atómicos cuando se integró el comportamiento dual onda-partícula del electrón. Y esta aportación hasta el día de hoy sigue causando revuelta entre el mundo de la ciencia, ya que hay ideas que datan de los siglos XVIII y XIX que todavía son fuertemente establecidas en muchos centros educativos.

## **EL APRENDIZAJE**

El aprendizaje, de acuerdo con una posición constructivista, es un proceso mediante el cual nuevos conocimientos son asimilados dentro de la estructura conceptual del que aprende; ocurre cuando el que aprende construye y



transforma activamente sus propios significados y no cuando adquiere y acumula pasivamente información que se le transmite.

El aprendizaje significativo se produce cuando el nuevo conocimiento es relacionado por el que aprende con otros conceptos relevantes dentro de su propia estructura cognitiva, como mencionaba ya en 1973 Ausubel. De forma que, desde un punto de vista constructivista, las concepciones de los estudiantes sobre determinados fenómenos naturales son relevantes en el momento en que se enseñan conceptos relacionados con éstos o se profundiza en los mismos. Y ya que el cambio conceptual es el proceso por medio del cual las ideas de los individuos se acercan a las concepciones de la comunidad científica es una imperiosa necesidad encontrar estrategias que nos acerquen a dichos conceptos y que ayuden a dejar de lado ideas previas que detienen el desarrollo del aprendizaje formal de las ciencias. De lo anterior se desprendió una importante investigación en las concepciones que los estudiantes tienen sobre diversos conceptos científicos.

Entendemos por “concepciones alternativas” las que los sujetos construyen para interpretar y explicar sucesos naturales cotidianos (Garritz, 2000) y que no siempre son coincidentes con las posturas científicas al respecto. Su persistencia puede durar muchos años, hasta el nivel universitario inclusive, en el que se han encontrado alumnos que presentan creencias no correspondientes con lo que se les ha enseñado en cursos de ciencias, a pesar de ser estudiantes regulares que habían supuestamente desarrollado las habilidades requeridas para aprobar esos cursos.

Lo más interesante es que los docentes no están libres de ellas y que, más aún, muchas veces contribuyen a que se sumen las ideas previas de los alumnos y las de ellos alejando cada vez más al estudiante de un concepto científico.

Los alumnos construyen el conocimiento científico a partir de sus ideas y representaciones previas, más o menos intuitivas, más o menos erróneas, más o menos esquemáticas sobre la realidad a la que se refiere dicho conocimiento.

La enseñanza de la Ciencia consiste pues, fundamentalmente en promover un cambio en dichas ideas y representaciones con el fin de acercarlas progresivamente al entramado conceptual y metodológico mundo del conocimiento científico, tal como aparece estructurado en el momento actual.

*“Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese en consecuencia.”*

**Ausubel, Novak y Hanesian**

Si la década de los setenta fue para la enseñanza de la ciencia la “Edad de Piaget”, la de los ochenta puede calificarse bien como “la Época de las Concepciones Alternativas”.

## **CAMBIO CONCEPTUAL**

Las ideas previas, como hemos mencionado anteriormente, se han investigado desde los años 70 en muchos países y se ha puesto ampliamente de relieve su importancia en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Los investigadores de la educación han coincidido en la necesidad de transformar las ideas previas de los estudiantes hacia concepciones científicas o, al menos, hacia conceptos más cercanos a ellas. A esta transformación se le ha denominado cambio conceptual, desde los años 80 (Bello, 2004).

La teoría del cambio conceptual forma parte de la estructura del constructivismo, corriente que plantea que el aprendizaje es el resultado de la interacción entre lo que se enseña al alumno y sus propias ideas o conceptos.

La definición misma del cambio conceptual se ha modificado a lo largo de la historia y hoy ya contamos con numerosos modelos del mismo, que abarcan desde las posturas más radicales (Posner *et al*, 1982) que proponen la sustitución total de las ideas previas por conceptos científicos, hasta

propuestas que aceptan la modificación gradual y parcial de las ideas de los alumnos, llegando a considerar la coexistencia dual o múltiple de concepciones en el estudiante (Mortimer,1995; Vosniadou,1994; Caravita y Halldén,1995; Taber,2001) cuyo uso estará determinado por el contexto social y fuertemente determinado por aspectos afectivos.

Los “padres” de la teoría del cambio conceptual son Posner, Strike, Hewson y Gertzog, quienes el 11 de septiembre de 1981 presentaron un artículo a la revista *Science Education*, en el que proponen pautas análogas entre el cambio de los conceptos durante el desarrollo de la ciencia y el cambio conceptual, producto de acomodar el aprendizaje de la ciencia de forma personal.

Ellos proponen que el aprendizaje, siendo una actividad racional, se ocupa de las ideas, de su estructura y de su evidencia, al igual que la investigación científica, y debe por lo tanto comportarse de una manera similar a la evolución de las ciencias como lo estudia la filosofía contemporánea de las ciencias. Dado que una cuestión central de esta filosofía es cómo los conceptos cambian con el impacto de nuevas ideas o de nuevas informaciones se basan para su estudio en las obras de Kuhn y Lakatos, ambas del año de 1970.

Kuhn parte de la base de que las diversas disciplinas científicas se comportan de acuerdo con un patrón general. Kuhn maneja el uso de la palabra paradigma, llamémosle a este el modelo central o el modelo de modelos. En esencia la gran aportación es que el pensamiento humano va evolucionando en el individuo, de la misma manera como evolucionan las comunidades científicas.

En el artículo de Posner *et al.* se propone la cuestión básica de cómo cambian las ideas previas de los estudiantes al sufrir el impacto de las nuevas ideas y de las nuevas evidencias provenientes del aprendizaje de una ciencia. Dicho aprendizaje no es la simple adquisición de un conjunto de ideas correctas, de un repertorio verbal o de un conjunto de conductas, pues aprender, al igual que investigar, debe ser considerado más como un proceso conceptual. En el

modelo de Kuhn, un paradigma alternativo sólo puede tomar el lugar de un paradigma firme si es comprendido y aceptado por los científicos.

Las implicaciones educativas de la teoría de cambio conceptual del modelo inicial nos mencionan cuatro condiciones necesarias:

- la insatisfacción: deberá existir insatisfacción con las concepciones existentes al no poder dar respuesta a los nuevos planteamientos.
- la inteligibilidad: Se deberá entender el modo en que la nueva concepción puede estructurar las experiencias anteriores.
- la plausibilidad: La adopción de cualquier nueva concepción debe, al menos, parecer que tiene la capacidad de resolver el problema generado por su predecesora, empatar con otro conocimiento o experiencia.
- el provecho: la nueva concepción deberá ser útil, o sea, sugerir nuevas posibilidades de exploración que proporcionen nuevos puntos de vista, así como abrir nuevas áreas de posibilidad para la investigación y el desarrollo de tecnología.

Consideramos importante presentar el estado de la investigación y ubicar que nos encontramos en un momento donde las diferentes corrientes y propuestas están siendo enriquecidas con aportaciones nuevas y más aún, en algunos centros de estudio, ya se está trabajando en la detección de ideas previas y en la capacitación de educadores que manejen la información existente sobre cambio conceptual. Así se busca la posibilidad de no continuar afirmando las ideas previas que existen en los alumnos, sumadas con las ideas previas existentes en los educadores. Cabe mencionar que los modelos del cambio conceptual son una alternativa a la propuesta de desarrollo cognitivo descrita por Piaget (Hatano, 1994). Desde este punto de vista estos modelos se conciben como un progreso en la estructura del conocimiento debido al aprendizaje en dominios específicos más que como capacidades lógicas aplicables en todos los dominios (Vosniadou y Brewer, 1987).

Los modelos de cambio conceptual pueden ser clasificados atendiendo a varios criterios (Rodríguez Moneo y Carretero, 1996):

- Por la idea que se tenga sobre la organización de las concepciones alternativas de los sujetos.
- En función del mecanismo causante del cambio conceptual. El cambio puede atribuirse al papel desempeñado por el conflicto, las reelaboraciones, las analogías, la metacognición o por la aplicación a distintos contextos.
- Haciendo una distinción entre los estudios centrados en los estados o en el proceso. Cuando estos se centran en los estados son más descriptivos y si se enfocan en el proceso de cambio son más explicativos (Hashweh, 1986).

Para poder hacer una clasificación de las propuestas de modelos de cambio conceptual podríamos ordenarlos de acuerdo a la categorización de Duit (1994) o bien a Pintrich y otros (1993), quienes distinguen los modelos fríos y calientes.

Los modelos fríos se centran más en los aspectos racionales y los calientes consideran cuestiones motivacionales y emocionales.

El modelo inicial y que más repercusión ha tenido en los trabajos sobre el cambio conceptual, como se ha mencionado anteriormente, es el de Posner, Strike, Hewson, y Gertzog.

Los modelos calientes, por otro lado, a los que sin duda se les está dando una gran atención se basan en la relación entre la cognición y la motivación.

La idea planteada en la teoría inicial de concepciones alternativas: bien definidas, altamente articuladas, parecidas a paradigmas que son soportadas por mucha evidencia, que tienen una aplicación fructífera y que son resistentes al cambio, procede de la influencia conjunta de los trabajos sobre las concepciones alternativas y de la filosofía de la ciencia.

Si se adopta esta perspectiva, el cambio conceptual necesita anomalías y conflictos, insatisfacción con las concepciones existentes. Sin embargo, las concepciones alternativas también pueden considerarse como un conocimiento débilmente articulado producido por el mal uso de una analogía o por una forma cotidiana de hablar que conduce al error. En tal caso la ecología conceptual también incluye otros componentes novedosos como *los motivos y las metas del sujeto*.

A continuación se presenta información tomada de una tabla del libro de María Rodríguez Moneo (*op. cit. 1999*), agrupando las aportaciones que sobre cambio conceptual se han publicado, y nos permite observar el tipo de corriente al que pertenecen los diferentes investigadores. Algo que podemos observar es que a pesar de los distintos nombres, existen ciertas similitudes en algunos de los tipos de cambio propuestos desde los diferentes modelos. Así por ejemplo, la asimilación, la reestructuración débil, el enriquecimiento, el cambio no radical y la adición informada describen un cambio menor que no supone una transformación del núcleo duro, de las concepciones centrales, que no afecta al significado básico de las concepciones alternativas.

Por otra parte cambio como la acomodación, la reestructuración fuerte, el cambio radical y el reemplazamiento también tienen en común algunos aspectos, pues en todos se describen cambios mucho más notables que implican una transformación del núcleo duro y del significado básico de las concepciones alternativas.

Con todo esto queremos poner de manifiesto que si bien existen diferencias entre los distintos modelos muchas de éstas son más aparentes que reales y pueden más apreciarse por la magnitud de cambio que proponen.

**TABLA**

**PROPUESTAS DE CAMBIO CONCEPTUAL DE DIVERSOS AUTORES**

Modelos de Cambio Conceptual		Organización del conocimiento inicial	Tipo de cambio	Mecanismo del cambio
Inicial	Posner, Strike Hewson y Gertzog	Teorías (se comparan con paradigmas científicos)	*Asimilación *Acomodación	*Conflicto
	Carey	Teorías	Reestructuración: *débil-enriquecimiento  *fuerte-cambio conceptual	*Proyección interdominios  *Analogía
	Vosniadou y Brewer	Teoría Marco  Teoría Específica  Modelo Mental	Reestructuración: *débil-enriquecimiento  *fuerte-revisión	*Conflicto  *Metacognición  *Analogía
	Chi y Slotta	Categorías ontológicas organizadas (de forma parecida a teorías)	*Cambio no radical  *Cambio radical	*Adquisición de conocimiento específico de Dominio
	DiSessa	Fragmentado	*Cambio función de p-prims  *Estructuración de p-prims	*Aplicación a distintos contextos  *Adquisición de conocimiento específico de dominio
	Caravita y Halldén	Marcos de referencia	*Cambio paradigmático  *Cambio no paradigmático	*Aplicación a distintos contextos
	Strike y Posner (1995)	Distintos niveles de organización y estructuración	*Asimilación  *Acomodación	*Motivación  *Conflicto

En la VI Convención Nacional de Profesores de Ciencias Naturales, realizada en la Ciudad de Oaxaca, en 2004, el Dr. André Giordan, de la Universidad de Ginebra, presentó una recopilación de los avances sobre enseñanza de las ciencias, considerando el manejo de las ideas previas en las corrientes existentes de cambio conceptual.

Señaló la importancia de diseñar herramientas que nos permitan conocer las concepciones de los alumnos. Así como descifrar la forma en que éstas se transforman. En una conferencia posterior en la Ciudad de México realizada en la Facultad de Química, él mencionó que después de todos estos años que había dedicado a la investigación, consideraba de suma importancia puntualizar que un aprendizaje significativo dependerá, de forma general, del tema, de la audiencia y de quién lo enseña.

Es necesario que exista un marco de referencia, el uso de un mismo vocabulario, o sea que las palabras produzcan el mismo sentido en ambas partes (alumnos y profesores). En la mayoría de las veces el mensaje no se comprende y por lo tanto el conocimiento no se puede establecer.

Según Giordan (2004)<sup>1</sup> el aprendizaje es una construcción progresiva que depende del medio ambiente, por lo tanto deberá existir una motivación y el deseo de aprender.

Uno de los problemas más frecuentes es que la mayoría de las ideas que se presentan en los cursos son extrañas y ajenas para el estudiante. Es muy común que el docente que ha estado inmerso en su asignatura por años, asuma que los estudiantes deben saber todo sobre ella, incluso cuál es el propósito de cursarla.

Sin embargo la mayoría de las veces los alumnos no sólo desconocen los contenidos sino también desconocen la aplicación y sentido de los mismos.

---

<sup>1</sup> Conferencia realizada en la Ciudad de México en el Auditorio de la USAI, Facultad de Química, noviembre de 2004.



Una buena propuesta es que las mismas preguntas deben ser hechas tanto para el que enseña como para el que aprende, pero las que deben de responderse son aquellas preguntas que el estudiante tiene, ya que el aprendizaje deberá proporcionar una sensación placentera para que éste pueda ser archivado y utilizado de manera efectiva.

La creación de conexiones efectivas entre la ciencia y la vida diaria puede producir un beneficio al proceso enseñanza-aprendizaje.

Ya que nos encontramos inmersos en procesos tecnológicos y sociales que tienen que ver con descubrimientos científicos, pero que la mayor parte de las veces desconocemos cómo se desarrollan, podríamos intentar como estrategia que estos sean expuestos de tal forma que sean integrados a la vida cotidiana y se rompa ese abismo entre el saber científico y la vida diaria.

## **CONFLICTO COGNITIVO**

El modelo del conflicto cognitivo, se basaba en las propuestas de Strike y Posner quienes presentaban "la insatisfacción" como condición para cambiar una concepción alternativa.

Ya que la insatisfacción se presentaba como condición indispensable para que se diera el cambio conceptual, se buscó presentar a los estudiantes evidencias de situaciones en las que su concepción no era capaz de explicar el fenómeno o casos en los que las predicciones estuvieran alejadas de la realidad. Lo que era en si introducirlos en un conflicto.

En una reciente publicación de la revista Educación Química, Bello (2004) que aborda el tema del "conflicto cognitivo", que por mucho tiempo tuvo gran importancia, se plantea que empieza a perder su fuerza al mirar los resultados de la investigación en el aula.

Hawkes, Bybee (1992) y Kind (2004) se encuentran entre los investigadores que explican el fracaso del conflicto cognitivo para lograr el cambio conceptual.

Bybee considera que "muchas personas mantienen profundos vínculos emocionales con sus explicaciones del mundo y la confrontación con otra explicación opuesta provoca más emoción que análisis racional, por lo que tenemos tendencia a aferrarnos tenazmente a nuestra idea y buscamos pruebas que la sustenten, en vez de pruebas que la modifiquen o refuten".

Ya desde 1982 investigadores como Nussbaum y Novick expresan sus dudas sobre el hecho de que los aprendices siquiera detecten el conflicto. De la misma manera, Vosniadou afirma que este conflicto no produce cambio en las concepciones, puesto que los estudiantes necesitarían tener mucha más información, de modo que pudieran revisar sus teorías ingenuas.

Barker por su parte apunta que las estrategias que buscan el conflicto cognitivo frecuentemente son "percibidas más como confusión entre los modelos usados al enseñar un concepto que como un conflicto entre preconcepciones y el punto de vista científico". (Bello, 2004)

Así mismo, André Giordan (2004)<sup>2</sup> plantea que la organización del pensamiento y el aprendizaje proceden únicamente de la actividad mental del aprendiz. Él ya no le llama conflicto cognitivo sino "perturbación".

Así mismo menciona que es importante proporcionar información y modelos científicos a los estudiantes, de modo que ellos cuenten con las herramientas necesarias para construir nuevas estructuras mentales.

Existen varios factores determinantes que debieran ser considerados:

---

<sup>2</sup> Comunicación personal

- La motivación. Es importante que se trabaje para que sea descubierto el placer de aprender.
- Una perturbación cognitiva logra que el individuo busque explicaciones.
- Proporcionar estructuras y modelos a los aprendices de manera que puedan ir estructurando su propio pensamiento.
- Permitir una integración vertical de conocimientos básicos con aquellos que se van adquiriendo.
- Promover una movilización y reutilización de los conocimientos.
- No considerar una pérdida de tiempo aquel que se invierte para la reflexión sobre los conocimientos adquiridos

Podemos mencionar que Mulford (2002) encontró que el conflicto cognitivo es muy difícil de producirse ya que el estudiante tiende más a modificar la información recibida antes que aceptar la contradicción que lo lleve a una revisión de sus esquemas de pensamiento.

Con lo antes mencionado podemos decir que nos encontramos en un momento de cambio respecto del cambio conceptual, existen corrientes que apoyan el modelo inicial y otras que se van alejando cada vez más de él.

Nuestra postura respecto de ellos se inclina más a pensar que las cuestiones motivacionales y la reutilización misma de los conocimientos debieran ser consideradas dentro de las estrategias de enseñanza.

Pensamos que hay que prestar más atención a cómo se enseña y a quiénes se les enseña. Esto deja una responsabilidad grande en el docente de autoevaluarse y actualizarse para poder ser ese instrumento que vaya dando las pautas dentro del aula.

Cada vez que estamos frente a una audiencia a quien deberemos dirigir a descubrir el estado de su conocimiento respecto de algún tema, sería importante considerar cuáles son sus intereses en la materia, preguntarles

cuáles son sus expectativas de lo que van a aprender, de modo tal que podamos hacer uso de estrategias especiales e información que despierte el interés por el tema. La motivación es determinante para producir los resultados deseados.

Del énfasis que nosotros le demos al mismo y de la facilidad que ellos vean para vincular el tema con otros temas de su interés dependerán los resultados.

# **CAPITULO DOS**

## **La Formación Química del Ingeniero Químico**

## ANTECEDENTES

La **Química** es la ciencia que estudia las transformaciones de la materia, propiedades, su comportamiento, su estructura y las relaciones que éstas guardan con la energía y las leyes que rigen dichos cambios. Aun cuando los trabajos de Boyle en el siglo XVII proporcionaron aportaciones muy valiosas para que la química surgiera como una ciencia respetable y que ésta se aliara con las técnicas, se necesitó que surgiera la Revolución Industrial para que ésta se difundiera.

Se llamó Revolución Industrial al progreso experimentado por la técnica y la industria en Inglaterra durante el siglo XVIII y que luego se propagó a Europa y de allí al mundo entero.

En esa época en algunas universidades inglesas se empezaron a dar cursos de ciencia aplicada, como el de Química. El siglo XVIII vio también sentadas las bases de la química con las investigaciones de Scheele, Priestley, Black, Cavendish, quienes al investigar la naturaleza de las sustancias químicas descubrieron muchas otras. Por otro lado Lavoisier, con la ley de la conservación de la materia, sentó la base de la química moderna.

A principios del siglo XIX la teoría atómica de Dalton y la notación química de Berzelius impulsaron definitivamente el estudio científico de la química, hecho que tuvo inmenso impacto en la industria química.

La enseñanza formal de esta ciencia data del siglo XVIII; sin embargo, ya que no es sencillo definir la palabra “ciencia”, se desarrolló dentro del empirismo por algunos años. Sabemos que la ciencia es un fenómeno social, puesto que hemos pasado de vivir en cavernas a construir cómodas habitaciones.

El avance de la ciencia ha ido muy de la mano con la necesidad del hombre de encontrar soluciones para los problemas presentes en su vida cotidiana. Mejores sistemas productivos, mejores condiciones de vida, mejoras en la salud y un mejor control de la enfermedad. Creo que citar a Albert Einstein para hacerlo sería acertado:

*“La ciencia es el intento de relacionar la caótica diversidad de nuestra experiencia sensorial con un sistema lógico y uniforme de pensamiento.”*

Si citamos así mismo a Gastón Bachelard en “La formación del Espíritu Científico”, quien en 1938, siendo maestro de química y uno de los más importantes pensadores del siglo XX, nos presenta el porqué en el espíritu humano ha surgido la necesidad de crear ciencia.

*“Para un espíritu científico, todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo. Nada está dado. Todo se construye. El hombre, animado por el espíritu científico, sin duda desea saber, pero es, por lo pronto, para interrogar mejor.”*

A comienzos del siglo XVIII la industria química estaba limitada a la fabricación de sal, vitriolos, sulfato de zinc, compuestos de mercurio, colorantes, jabón, papel, vidrio. Fue el desarrollo de las máquinas de vapor y su aplicación a la extracción de carbón y al movimiento de telares lo que planteó la necesidad de revisar los procesos de blanqueo, estampado y teñido de telas.

A mediados del siglo XVIII, el perfeccionamiento en la fabricación del ácido sulfúrico mediante el empleo de las cámaras de plomo, condujo a la actual gran industria de los ácidos y los álcalis; en el siglo siguiente aparecen las torres de Gay Lussac (1835) y Glover (1859), que permiten recuperar los productos nitrosos que antes escapaban a la atmósfera. Posteriormente se inventó el método de contacto catalítico, que aunque patentado a mediados del siglo XIX no se aplicó industrialmente sino hasta fines del siglo, desplazando paulatinamente al método de las cámaras de plomo.

La importancia industrial del ácido sulfúrico se inició con la fabricación del carbonato de sodio artificial, necesario para la industria del jabón, del vidrio y textil.

En el siglo XIX, fueron entre otros, el descubrimiento de la Ley periódica de los elementos (Mendeleev, 1869) la síntesis de la urea (Wohler 1828), primer compuesto orgánico sintetizado artificialmente por el hombre, y los experimentos de Faraday sobre electroquímica, imprescindibles para el desarrollo de la química y de la industria.

## **LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA**

La química es una de las disciplinas integradas dentro del área de las ciencias, su objetivo principal es el estudio de la materia, sus características, propiedades y transformaciones a partir de su composición íntima (átomos, moléculas etc.) Se imparte como parte del programa de Ciencias Naturales desde la formación primaria y posteriormente, ya de manera formal, en la secundaria intenta que los alumnos lleguen a comprender algunas de las características del mundo que les rodea:

- Diferencias entre sólidos, líquidos y gases
- Por qué se funde un cubo de hielo
- Cómo se difunde un olor por una habitación
- Por qué sube el mercurio del termómetro al aumentar la temperatura
- Cómo arde el gas butano que se encuentra en un encendedor.

Y una serie de cosas que pretenden enseñar al alumno a comprender, interpretar y analizar el mundo en que vive. Si continuamos en el proceso que sigue la enseñanza de la química en el estudiante, ya en el nivel de secundaria esta disciplina va independizándose de las otras que forman parte de las llamadas Ciencias Naturales, de tal forma que empieza a aparecer ya unida a la física, para que finalmente se enseñe como una asignatura independiente.



Cada individuo integrará su bagaje de conocimientos a lo largo de toda su formación, integrando la información que ya tiene, entrelazando las enseñanzas nuevas y sobre esta base recibirá mucho más. Sin duda, se sumará este saber a ideas previas que ya han sido arraigadas en todo ese proceso. Así es el proceso enseñanza-aprendizaje un proceso no sencillo que además es determinado en gran manera por la forma en que cada individuo aprende.

Si pudiéramos resumir en una frase toda la información posible que acumulara gran cantidad del conocimiento científico, ¿Cuál enunciado contendría el máximo de información en el mínimo de palabras?, yo creo que es la hipótesis atómica:

*“que todas las cosas están formadas por átomos, pequeñas partículas que se mueven con movimiento perpetuo, atrayéndose unas a otras cuando están separadas por una pequeña distancia, pero repeliéndose cuando se las trata de apretar una contra otra”.*

Richard P. Feynman

“The Feynman lectures on Physics”.

En esta sola frase veremos que hay una cantidad enorme de información referente al mundo que nos rodea y a la materia misma, la cual es el objeto de nuestro estudio como químicos.

La enseñanza de la química no se reduce al simple hecho de una enseñanza frontal, emisor-receptor, ya que esto por sí sólo no puede dar como consecuencia la adquisición de los conocimientos.

Ha sido en estas últimas décadas en donde existen ya reportes alarmantes en cuanto a la disminución de personas que eligen carreras científicas y también de la deserción de personas que encontraron a la ciencia como algo muy

complicado. Lo anterior nos invita a considerar que existe algún elemento no bien detectado que da estos resultados y no, un gusto por lo científico.

El contenido de los cursos de ciencias debe ser tal, que se enfatice la asimilación y acomodación en los estudiantes, y no tanto una gran carga de contenidos. Se sugiere incluir “anomalías retrospectivas”, si es que las históricas son difíciles de comprender.

Así mismo trabajar en los estudiantes lo suficiente en la teoría observacional para que ellos puedan comprender las anomalías seleccionadas, además de disponer de todas las herramientas necesarias para hacer de la nueva concepción algo más inteligible y verosímil. Poniéndolo en acciones concretas esto es lo que un profesor debiera de trabajar para que una idea previa se acerque a un concepto científico.

## ¿QUÉ HACE UN INGENIERO QUÍMICO?

La **ingeniería química** es la profesión en la que el conocimiento de las matemáticas, la química y la física, entre otras, que se adquieren por estudio, experiencia y práctica, se aplican con un criterio adecuado para desarrollar métodos económicos para el aprovechamiento de materiales y energía en beneficio de la humanidad.

Podemos decir entonces que es el **ingeniero químico** quien se encarga de la planeación, diseño, construcción, operación y administración de las plantas químicas especialmente de las plantas de procesamiento de materiales.

La ingeniería química hoy por hoy es una profesión madura con más de cien años de existencia la cual surge como producto del conocimiento científico y de procedimientos que se han sistematizado y que nos ayudan para innovar, modificar y fabricar diferentes tipos de productos con un uso muy variado tanto en la industria farmacéutica, alimentaria, agrícola, entre muchas más.

Me atrevería a decir que sin duda es una de las profesiones más completas y versátiles que han impulsado y desarrollado lo que ahora conocemos como tecnología. El ingeniero químico no trabaja solo, de manera aislada, sino que requiere de otros profesionales como los químicos, ingenieros mecánicos, eléctricos, civiles, petroleros, metalúrgicos, electrónicos, entre otros, y lo hacen formando un equipo de trabajo indispensable para la creación de nuevas plantas, nuevos procesos, nuevos materiales y hoy en día los tan requeridos procesos de control de contaminantes.

La industria química es una industria estratégica al contribuir en forma notable al desarrollo de un país, además de que los productos que de ella emanan son vitales para el funcionamiento de la economía, por ejemplo: medicamentos, plásticos, fertilizantes, conservadores, gasolinas y sus derivados.

Los economistas para estudiar la generación de riqueza de un país, han dividido la actividad económica en tres sectores: el primario, el secundario y el terciario. Se da el nombre de sector primario a todas aquellas actividades relacionadas con la extracción de los bienes que nos ofrece la Tierra: Agricultura, ganadería, pesca, minería, extracción de petróleo.

El sector secundario agrupa todas aquellas actividades que de alguna forma procesan o transforman los productos primarios de la Tierra, como lo hace la industria automotriz, la industria de la construcción, la industria química, eléctrica, etc.

El sector terciario, por último, agrupa las actividades relacionadas con los servicios que se ofrecen al público en general, como el comercio, la banca, los transportes, las comunicaciones y la educación.

De ahí que los países más desarrollados son aquellos que tienen un sector secundario más importante que los demás. Es un desarrollo armonioso lo que hace que el sector secundario con todos sus bienes produzca un comercio bien desarrollado y moderno.

La industria química forma parte del sector secundario y también de la llamada industria de procesamiento de materiales. Dentro de ésta también se encuentran la farmacéutica, la alimentaria, la siderúrgica y metálica básica.

Los profesionistas que con más frecuencia laboran en la industria química son los ingenieros químicos y los químicos.

Los primeros están encargados del diseño y manejo de las plantas, mientras que los segundos se dedican a la investigación de nuevas sustancias, materiales o al control y análisis de los materiales procesados.

En las fábricas modernas se desarrollan simultáneamente varios procesos de producción en forma continua, los materiales tratados pasan de una etapa a otra. El cambio hacia los procesos continuos está relacionado con la mecanización de todas las operaciones y del transporte fabril interior.

En la actualidad, la industria química presta mucha atención al control de los afluentes que pudieran contaminar las aguas, el aire o la tierra, y la tecnología química es la única capaz de resolver el problema de la contaminación en las grandes urbes, a través de detergentes biodegradables, fábricas procesadoras de basura, gasolinas sin plomo etc. Un aspecto notable de la industria química moderna es que ella ha contribuido a la generación de energía útil, así como combustibles sólidos y líquidos.

Nuestra propuesta es que dada la importancia de la industria en un país, la formación de ingenieros químicos con un entendimiento completo y correcto de la química es indispensable. De no ser así, lo único que se están formando son

técnicos capaces de operar equipo, supervisar o administrar plantas ya existentes, que en su mayoría en nuestro país son industrias extranjeras, que reciben los mayores dividendos, mientras que nosotros como nación continuamos siendo maquiladores y no un país que crea tecnología e implementa procesos que le beneficien.

Al ser yo formada en esta Facultad pude observar que existen diferentes corrientes formadoras del ingeniero químico, las hay desde los teóricos y conservadores, los prácticos y los cibernéticos, aquellos para los que la ingeniería es ahora el uso de simuladores.

La mayor parte de las veces sin un entendimiento adecuado o más aún por la poca disposición personal de tiempo, uno elige alguna de estas corrientes. Sin embargo en mí surge la inquietud de hacer un llamado a aquellos que son los formadores de profesionales a despertar el espíritu científico y creativo, que define al ingeniero, ya que de ahí se deriva el nombre de la carrera en sí, del “ingenio” o pericia que el individuo debe utilizar para resolver problemas existentes y plantearse alternativas de solución.

Por otro lado al ingeniero químico lo vemos desempeñando funciones que van desde lo administrativo hasta lo político. Y considero que la misma formación del ingeniero se presta para ello. Sin embargo muchas de las veces son las oportunidades de trabajo y la necesidad las que llevan al profesionista a ocuparse en cualquier labor y dejar un poco de lado los requerimientos de la nación juntamente con un desempeño acorde al perfil con el que fue formado.

La tendencia en la formación del ingeniero químico, es sin duda la de hacer un profesional capaz de enfrentarse a las problemáticas existentes en el país. Como es de esperarse cada individuo tiene una visión particular de cuál es la problemática de mayor urgencia a tratar y por tanto los formadores de profesionales deberán proporcionar diferentes corrientes de formación, variando entre lo administrativo, lo matemático, lo práctico en planta, entre muchas otras.

Desde mi punto de vista esto es lo que enriquece a una población de estudiantes; pero dada la formación del ingeniero dentro de la Facultad de Química, éste no debiera perder su carácter de químico, que es en realidad lo que lo sitúa en una posición muy ventajosa respecto de otras ingenierías.

Es la ingeniería química el enlace perfecto entre las teorías científicas, las ecuaciones matemáticas, los programas de simulación computarizados y la realidad de una planta. Entendiendo esto, un buen aprendizaje y más aún un correcto aprendizaje podrá proporcionar sin duda avances cuantiosos en todas las áreas de necesidad existentes. Hoy en día podemos decir que la ingeniería química se encuentra relacionada con:

- Ciencias de la vida
- Celdas combustibles, catálisis
- Sistemas sustentables
- Control molecular de procesos y dispositivos
- Tratamiento de aguas residuales
- Tecnología para potabilizar aguas sulfurosas
- Materiales avanzados con productos nanoestructurados

En fin, entre muchas otras cosas ya que es preciso señalar que nuestro país no está al margen de la evolución y oportunidades que se presentan a nivel mundial; lo único que necesitamos es ubicar los satisfactores que son necesarios, el tipo de servicio y el sector que produce dicho valor, de esa manera los académicos podrán contribuir a suplir las necesidades del perfil de ingeniero químico que nuestro México está necesitando (Rodríguez, 2005).

Por otro lado, el perfil de ingeniero químico que se necesita, implicaría dos cosas, primero que existiera una definición clara de éste y segundo que se pudiera enseñar en ese sentido. El verdadero aprendizaje sólo se ve completado hasta que somos capaces de darle una aplicación, de modo que se deberá ver que tipo de formaciones se están formando para saber si estamos logrado nuestro objetivo. No podemos decir que sabemos el “know-how” de

algo si no somos capaces de explicarlo con palabras accesibles y sencillas a personas que no tengan la pericia que nosotros hemos adquirido en el campo de acción. Y no se observan resultados de ello.

De ahí que ser un profesional en un área radica en mucho más que terminar las materias que nos acreditan como tal, ya que los seres humanos somos seres sociales que somos afectados por nuestro entorno y que afectamos al mismo. Y entonces, es pues la ciencia, la mejora de nuestros pensamientos anteriores para ir caminando hacia nuevos objetivos, que tengan explicaciones científicas. De esa forma la ciencia nos ayudará en la creación de nueva tecnología.

Es la ingeniería química por tanto la gran oportunidad para hacer de la ciencia algo accesible a todos, poniendo todo el conocimiento y aplicación del mismo en beneficio de una sociedad que, sufriendo deterioros, lucha por salir adelante y ser mejor.

Pareciera extraño pero las ideas previas son algo tan arraigado al ser humano, que el origen de ellas es de difícil explicación. Se sabe que éstas ideas se extienden a todos los dominios.

Los investigadores ahora más que en otros tiempos reconocen que el entorno social, económico, político y aun religioso, contribuye a la creación de conceptos sobre los cuales los individuos construimos nuestro propio conocimiento. Y sin duda alguna el concepto mismo del ingeniero químico que se consideró hace más de un siglo y el que generación a generación se ha venido construyendo pueda estar fundamentado en ideas previas que sería importante detectar para así hacer aportaciones acordes con una realidad apoyada en la ciencia que ayude al formador y a los alumnos a hacer de este profesional un perito tanto en el área ingenieril como en la química.

Es mi propuesta la de hacer énfasis en la enseñanza de temas que aunque parecieran áridos y desvinculados, nos proporcionan como ingeniero los elementos para formar el criterio que más adelante necesitaremos dentro de la toma de decisiones. Es importante ayudar y enseñar a maestros y estudiantes

a vincularlos con cosas de interés y aplicación en el campo de la ingeniería química.

Creo que la teoría sin la práctica no existe así como la misma práctica va produciendo nuevas teorías en todos los campos de la ciencia. Pero es una necesidad del ser humano conocer la utilidad del conocimiento y la trascendencia del mismo, así como la aplicación en cuestiones cotidianas de modo que se despierte el interés por producir cada vez mejores y mayores logros que produzcan satisfactores y vayan supliendo las necesidades existentes. Es común a causa de lo que antes mencionamos, como ideas previas, que la práctica de la ingeniería, como el aprendizaje de la misma, se ha venido realizando de una manera metódica fundamentada en teorías del aprendizaje que datan de los siglos XVII y XVIII, donde Condillac "All is affair of Printimps" y John Locke, con su "Essay on Human Understanding" nos presentan teorías del aprendizaje frontal en donde existe un emisor y un receptor y donde el factor de memorización es sinónimo de aprendizaje. Y no con esto descartamos la importancia del uso potencial de la memoria en el ser humano.

Es verdad que pareciera que al vivir en el siglo de la computación, el uso de simuladores y programas operacionales, nos ayudan a la creación de una ingeniería de punta. La realidad es que su uso da una muy buena presentación y un ahorro en tiempo impresionante, respecto de tan sólo unos veinte años atrás. Sin embargo el establecimiento de conocimientos que presente respuestas concretas a la problemática de nuestro país, en donde se mire el manejo de un criterio adecuado, no se encuentra dentro de un ordenador.

Y no quiero decir con esto que no se estén formando profesionales en este campo que estén integrándose a la vida económica del país, pero sí a la resistencia tan arraigada a considerar la necesidad de revisiones profundas a los métodos que se utilizan para la enseñanza y el logro de conocimientos más apegados a lo científicamente aceptado, que a su vez presenten soluciones prácticas.



En medio de tiempos de cambio, algunos de los formadores son los que más se resisten al cambio y a la posibilidad de que ellos mismos necesitan ir integrando aportaciones actualizadas a sus esquemas, de modo que las ideas previas existentes en ellos no continúen estableciéndose en sus alumnos.

Una idea muy arraigada es que llamarse ingeniero, ya en sí mismo es una garantía de efectividad. No descartamos que realmente el verdadero ingeniero con todo lo que esto implica epistemológicamente lo es, sin embargo no es el nombre únicamente sino todo un conocimiento que respalde y fundamente al profesional. Basados en esta idea muchos evitan al máximo “la pérdida de tiempo” que es entrar en un proceso de aprendizaje que proporcione los resultados deseados. Pareciera que la pericia del ingeniero no es usada para encontrar mejores alternativas y soluciones sino más bien para encontrar atajos que eviten el esfuerzo y el trabajo personal de aprender y enseñar a otros con eficiencia y eficacia.

Es muy común que la gente en general, se resista al cambio, especialmente porque nos genera incertidumbre e inseguridad. Algo que he observado es que existen algunos grupos aún más cerrados, y que son difíciles, el caso de los ingenieros es uno de ellos. Y es que existen muchas ideas previas respecto de la profesión misma.

Por otro lado el cuerpo docente se resiste a la integración de aportaciones de investigación sobre ciencias educativas, por considerárseles poco serias, o demasiado enfocados al ámbito social y psicológico del individuo. Sin embargo no debemos perder de vista que somos individuos ante todo sociales, y que toda la maquinaria del saber, la ciencia, es hecha por los hombres y para los hombres y está controlada por dispositivos en los que la mente humana opera de una forma tan extraordinaria, que aún no alcanzamos a comprender del todo.

El entorno social sí es determinante dentro del aprendizaje y el desarrollo del individuo.

La ciencia no es algo estático y el proporcionar las herramientas necesarias para enfrentar los nuevos retos es parte del compromiso que adquirimos al entrar en contacto con ella. Pasar de lo teórico a lo práctico o explicar con teorías la realidad que observamos son, en parte, las actividades que se desarrollan en beneficio del progreso de la humanidad.

La ingeniería química ha sufrido cambios drásticos en sus últimos cincuenta años, ya que hemos pasado de tener nuestra economía fundamentada principalmente en el petróleo como sucedía hace algunos años, a formar parte de tratados internacionales de intercambio comercial que dictan en mucho nuestra estabilidad.

Sin duda hoy la ingeniería química ha tenido que considerar las cuestiones ambientales como primordiales y si hay algo digno de considerarse dentro de la formación del ingeniero químico actual es la biotecnología. Sin embargo el establecimiento de conocimientos básicos sólidos hará la diferencia, ya sea para incursionar en alimentos transgénicos, seguir el rumbo de la nanotecnología, de la creación de nuevos materiales o bien la de técnicas de producción amigables con el medio ambiente.

Toda esta revolución en el mundo económico y en la enseñanza demanda de formadores con una mentalidad abierta a las aportaciones vanguardistas, que hacen del conocimiento algo más que la transmisión de información en centros educativos. Tenemos por delante una ardua labor tanto de parte de los alumnos como de los docentes.

Hacer que cada individuo se vuelva consciente de la participación tan importante que tiene en su propio aprendizaje y que cada individuo descubra que cuenta con la posibilidad de “inteligencias múltiples”, que por muchos años no se consideraban ni siquiera como existentes, es toda una revolución del saber.

Es únicamente a través del desarrollo de estrategias que favorezcan el aprendizaje significativo detectando ideas previas y promoviendo el cambio conceptual que podremos explotar en beneficio de la humanidad todos los descubrimientos que han tomado siglos de trabajo. No perdernos de vista el hecho de que así como han traído beneficios también han desatado grandes conflictos bélicos y ambientales.

Los trabajos antes mencionados así como numerosas tesis de licenciatura, maestría y doctorado no sirven sólo para llenar bibliotecas o acreditar asignaturas, sino que son el bagaje cultural y científico que todo universitario debiera manejar con pericia en su desempeño profesional. Hemos encontrado dentro de la población de ingenieros un menosprecio hacia ciertos conocimientos y asignaturas que se consideran desvinculadas dentro de su desarrollo profesional.

Un tema apasionante, a causa de los grandes hombres de ciencia que han trabajado en él, y que nos proporciona infinidad de información sobre la materia, los procesos químicos, los materiales, y la creación de tecnología es el del enlace químico. Pretendemos hacer una presentación de dicho tema como es enseñado, y hacer una recomendación para la enseñanza que nos conduzca al cambio conceptual a través de la vinculación de las teorías científicas y los avances tecnológicos de los que goza buena parte de la humanidad sin entender ni su funcionamiento ni los años de investigación que se han requerido para recibir sus beneficios.

¿Quién hoy en día no hace uso de un ordenador o de un teléfono celular?

# **CAPÍTULO TRES**

## **LA ENSEÑANZA DEL ENLACE QUÍMICO Y SUS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS**

## IDEAS INICIALES

Sin duda el tema del enlace químico es central y fundamental dentro del estudio de la química. Para conocerlo como lo entendemos hoy, han tenido que suceder numerosos acontecimientos y grandes aportaciones desde hace varios siglos, sin con esto dejar fuera a grandes pensadores y filósofos egipcios, mesopotamios, alquimistas árabes, antiguos griegos, llegando a Demócrito e incluso Aristóteles entre los más mencionados. Sin pretender que sea una revisión exhaustiva, se hará un breve recorrido histórico que nos ubique dentro del contexto en que se enseña el tema. De la misma manera, se presentarán algunas ideas que tienen un fundamento científico y se consideran básicas para dar un marco de referencia del alcance de la enseñanza apropiada del tema. Se presentará información tomada del internet, que hoy por hoy es un recurso muy visitado por los estudiantes. Mucha de ella es correcta y otra simplemente necesita ser contextualizada o delimitados sus alcances. Se dan definiciones encontradas en libros de texto, de modo que podamos observar la forma en que este tema es aprendido por los estudiantes en las aulas. Haremos énfasis en aquellas palabras o enseñanzas que han contribuido a que este tema esté lleno de ideas previas, que lo alejan de los conceptos científicos. Este trabajo no es una crítica directa, sino más bien, tiene como objetivo mostrar la información a la que tiene acceso el estudiante y de la cual forma sus conceptos.

Con los descubrimientos del siglo XIX, especialmente en electrólisis, se logró un considerable avance en el concepto de enlace o unión química. Ya en 1812 Jacob Berzelius había sugerido que a lo que se le nombraba afinidad, no era más que el resultado de la polaridad de las partículas. Esto lo condujo a asignar a los átomos polos positivos y negativos, reemplazando así la idea de sentimientos de afinidad. Posteriormente Edward Frankland propuso el concepto de valencia, que es un concepto que resume y proyecta los esfuerzos de los químicos del siglo XIX para encontrar una racionalidad en la combinación de los átomos o enlace químico. El término “poder de combinación”, fue utilizado por algún tiempo hasta que C.W. Wichelhaus (1842-1927) introdujo el término valencia. En el año de 1852, Edward Frankland

(1825-1899), discípulo de Kolbe y como resultado de sus estudios en compuestos organometálicos, demostró que nitrógeno, fósforo, arsénico y antimonio se combinan con radicales orgánicos en las relaciones 1:3 y 1:5, mientras que zinc, mercurio y oxígeno lo hacen en la relación 1:2. Estos hechos lo condujeron a proponer que:

*“...independientemente de cuál pueda ser el carácter de los átomos que se uniesen con uno, dado, el poder de combinación del elemento atractivo se satisface siempre con el mismo número de aquellos átomos.” (Cruz, Chamizo y Garritz, 1991)*

No podemos dejar de mencionar los trabajos de Wöhler en 1828, Kolbe en 1844 y Dumas quienes sentaron muchas de las bases de las propuestas de Kekulé, a quien debemos el conocimiento de la tetravalencia del carbono, y de los enlaces dobles y triples.

Fue el alemán Richard Abegg (1869-1910) quien llamó la atención sobre el hecho de que la valencia química podía proporcionar información importante. Sin embargo, aún no podían explicarse los descubrimientos de Louis Pasteur (1822-1895) quien, en 1848, estudiando las sales del ácido tartárico, se dio cuenta de que existían dos tipos de cristales de éstas, siendo uno la imagen especular del otro. La respuesta a esta incógnita fue resuelta casi simultáneamente por los químicos Jacobus H. Van't Hoff. (1852-1911) y Joseph A. Le Bel (1847-1930) en 1874 cuando ya se habló de los tipos de enlace que presentaba el carbono. Según Abegg, un elemento puede variar únicamente en ocho unidades su valencia, pero Abegg murió en un accidente de globo y en 1916 su compatriota Albrecht Kossel (1853-1921) introdujo el concepto de la electrovalencia, por transferencia de electrones de un átomo a otro, para formar iones con estructura de gas noble. En este mismo año, 1916, el norteamericano Gilbert Newton Lewis (1875-1946) estableció la teoría del enlace químico por compartición de pares de electrones.

Lewis introdujo el concepto de enlace covalente, que fue descrito por el también norteamericano Irving Langmuir (1881-1957), término utilizado para describir el enlace o unión por los electrones apareados o compartidos, que según Lewis era lo esencial del enlace para obtener la estructura de gas noble.

Por tanto se puede afirmar que la teoría del enlace covalente se debe a Lewis y Langmuir, teoría que pronto se aplicó en la química orgánica, reemplazando las líneas de las fórmulas de Kekulé por un par de electrones compartidos. Posteriormente el inglés Nevil Vincent Sidgwick (1873-1952) amplió el concepto de covalencia a los compuestos inorgánicos, y propuso que la estabilidad la puede alcanzar un átomo o un ion central cuando se rodea de 18 electrones.

Es a Werner (Premio Nobel en química en 1913), a quien le debemos trabajos con varios metales y el haber incluido compuestos metálicos de cobalto, cromo y rodio dentro del campo de la estereoquímica. Desarrolló así mismo la teoría de coordinación, con la que explicó el comportamiento químico y la estructura de los que llamó "compuestos moleculares" (Cruz/Chamizo/Garriz).

## **LA APORTACIÓN CUÁNTICA**

Las ideas de estos químicos fueron desarrolladas antes del advenimiento de la mecánica cuántica. El concepto ondulatorio de las partículas llevó al físico austriaco Erwin Schrödinger a desarrollar una ecuación de onda para describir las propiedades ondulatorias de una partícula, y más concretamente, el comportamiento ondulatorio del electrón en el átomo de hidrógeno. La solución de estas ecuaciones ayudaba a predecir las frecuencias de las líneas del espectro del hidrógeno. En 1927, un año después de la publicación de la ecuación de Schrödinger, se aplicó ésta a los electrones implicados en la formación de enlaces covalentes para buscar las estructuras electrónicas de energía mínima.

La imposibilidad de determinar exactamente la posición de un electrón en un instante determinado fue analizada por Heisenberg de modo que se introdujo el significado físico de las funciones de onda, definiéndolo como una función de distribución de probabilidades. Entonces ya no se hablaba de la posición de un electrón sino de la probabilidad de encontrar a un electrón en determinado espacio. Esto es lo que nos acerca cada vez más a la definición del enlace químico. Como la ecuación de Schrödinger no puede resolverse exactamente para sistemas de más de un electrón, surgieron dos métodos aproximados generales para tratar el enlace químico. El primero de ellos, el de los *electrones*

*de valencia*, introducido por W. Heitler y F. London en 1927, sirvió para calcular la energía del enlace en la molécula del hidrógeno. Posteriormente Linus Pauling y J. C. Slater extendieron sus ideas hasta elaborar la teoría general del enlace químico conocida como teoría del *enlace de valencia* o teoría *HLSP*, en honor de Heitler, London, Slater y Pauling. En 1928 apareció el método de orbitales moleculares de Robert Sanderson Mulliken, F. Hund y J. F. Lenard-Jones.

La mayor parte de los cálculos moleculares cuantitativos se hacen en la actualidad empleando el método de orbitales moleculares, ya que, a efectos de cálculo, es más sencillo que el método de enlace de valencia, y el uso de ordenadores digitales ha hecho posible el cálculo de funciones orbitales moleculares muy precisas y abordar el estudio de estructuras moleculares muy complicadas. Por otro lado, el descubrimiento de la difracción de rayos X por los cristales por el alemán [Laue](#) en 1912 y el subsiguiente desarrollo de la determinación de estructuras cristalinas por la familia Bragg, condujo a una teoría muy satisfactoria del enlace en compuestos iónicos o electrovalentes, basada en interacciones electrostáticas entre iones cargados. En 1918 Max Born y Alfred Landé dedujeron una expresión para calcular teóricamente las energías de red en la formación de los compuestos iónicos, y al año siguiente Born y Fritz Haber propusieron el ciclo que lleva el nombre de ambos para calcular energías de red.

Los trabajos de Peter Debye (1884-1966) sobre momentos dipolares y la teoría de la resonancia de Linus Pauling han contribuido, junto a otras aportaciones menos relevantes de otros científicos, a establecer la existencia de enlaces intermedios y a aclarar su naturaleza. Como podemos observar, todas estas aportaciones no pueden dejar de considerarse para poder hacer la definición del enlace químico y sus diferentes modalidades. Sin embargo hoy en día detectamos que existe dificultad en las consideraciones cuánticas, lo cual es difícil en su definición para los estudiantes, por lo que se ha optado por el manejo de modelos que cubran algunos requerimientos y tengan un alcance más corto.



## HACIA UNA DEFINICIÓN DEL ENLACE QUÍMICO

Si buscamos que cada vez las ideas previas se acerquen a los conceptos científicos, debemos proporcionar a los estudiantes, conceptos y una información de la que puedan hacer uso. Citaremos como parte del fundamento científico lo encontrado en una reciente publicación de García-Franco y Garritz (2006). Lo cual consideramos nos proporciona información muy importante y nos ubica en el momento actual de la necesidad del desarrollo de estrategias que nos lleven a acercar a los estudiantes a un concepto más científico del enlace químico.

De acuerdo con Gillespie (1997) el tema de enlace químico se encuentra entre uno de los seis grandes temas de la química; sin embargo, no es un tema sencillo de presentar, puesto que en sí estamos hablando de un modelo que nos acerca a la interpretación de la realidad que observamos de cómo se unen los átomos. Desde este punto de vista, para la enseñanza del tema deberemos, por un lado, enfatizar en el alumno este hecho, con un lenguaje sencillo y claro para los alumnos, y, por otro, presentar modelos que logren abarcar los diferentes matices dentro de los que nos movemos cuando hablamos de enlace químico. Así que, de acuerdo con García-Franco y Garritz (2006), los modelos que nos acercarán a tener un punto de vista científico son aquellos que nos ayudarán a dar las siguientes explicaciones:

### Del modelo iónico:

- *Los cristales iónicos presentan altos puntos de fusión debido a las fuerzas electrostáticas multidireccionales existentes entre los iones.*
- *Los cristales iónicos se fracturan al someterlos a altas presiones, 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, conducen la electricidad a través de sus iones disociados.*

#### Del modelo covalente:

- *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, sólidas, fundidas o disueltas.*
- *Estas sustancias están formadas por moléculas neutras en donde se encuentran fuertemente ligados los átomos que las componen, por enlaces orientados en una sola dirección.*
- *Las sustancias moleculares covalentes en estado sólido tienen sus moléculas unidas por fuerzas intermoleculares poco intensas, por lo cual su punto de fusión es bajo. Típicamente, las sustancias moleculares son gases o líquidos a temperatura ambiente. Sólo los sólidos covalentes (diamante, grafito, sílice), con fuerzas multidireccionales, tienen altos puntos de fusión.*

#### Del modelo metálico:

- *Es el que se presenta en los metales, a través de un enlace entre los iones positivos, acomodados en los puntos de la estructura cristalina, y los electrones libres que están deslocalizados sobre todo el cristal.*
- *Los iones positivos en el enlace metálico forman estructuras de tres tipos: Cúbica centrada en las caras, cúbica centrada en el cuerpo y hexagonal de empaquetamiento compacto*
- *La gran fuerza cohesiva resultante de la deslocalización electrónica es la responsable de la firmeza de los metales.*
- *La movilidad de los electrones deslocalizados hace a los metales buenos conductores del calor y la electricidad.*
- *Los metales son dúctiles y maleables porque sus estructuras cristalinas pueden deformarse sin que se formen planos de repulsión iónica.*

Como podemos observar la propuesta antes presentada es muy reciente. Es difícil que todos los puntos que se mencionan en ésta estén ya siendo considerados en las aulas al abordar el tema. Así mismo, no debemos olvidar que tanto maestros como alumnos cuentan ya con años de instrucción sobre el tema, y si bien se consultan libros de texto serios, también se acude a la red.

De acuerdo con la revisión realizada, sabemos que nadie está libre de tener ideas previas en los diferentes temas de estudio. Y bueno el tema del enlace químico cuenta con algunas ideas que ya se han ido detectando.

A continuación presento una serie de definiciones que provienen de todo tipo de fuentes de información. Existen varios propósitos, por un lado citar algunas de las definiciones que alguna vez hemos leído, ubicar cómo se ha ido definiendo al paso del tiempo el concepto de enlace químico y también de qué manera la contribución de García-Franco y Garritz (2006) pudiera ayudarnos a integrar información que nos acercara a una definición cada vez más cercana al concepto científico, tanto en maestros como en alumnos.

Es importante anotar que las definiciones citadas son correctas, pero frecuentemente son un tanto abstractas, por lo que se deja abierta la posibilidad de que el estudiante, que ya cuenta con sus propias ideas, continúe arraigándolas o forme otras concepciones alternativas. En su mayoría utilizan un lenguaje rebuscado y no el llano que acostumbran los alumnos; por las palabras que se usan al definir el enlace, no alcanzan a presentar con claridad las tres modalidades. Sabemos que algunas de ellas datan de mucho tiempo atrás, otras son muy respetables, y que desde el punto de vista de un estudioso experimentado de la química pueden producir un importante efecto, pero vistas desde la perspectiva de un estudiante novato no.

*“Las partículas se atraen unas a otras por alguna clase de fuerza, que es sumamente fuerte cuando se hallan en contacto inmediato, que efectúa las operaciones químicas a distancias pequeñas y llega no muy lejos de las partículas con cualquier efecto sensible.”*

TEMA (Óptica).  
Isaac Newton  
(1642-1727).

*“Está claro que la descripción íntima de un enlace químico debe ser esencialmente electrónica. El comportamiento y la distribución de los electrones en torno del núcleo es lo que da el carácter*

*fundamental de un átomo; lo mismo debe de ser para las moléculas. Por ello, en cierto sentido, la descripción de los enlaces en cualquier molécula es, simplemente, la descripción de su distribución electrónica.”*

TEMA (Valencia).

A. Coulson.

*“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.”*

TEMA (La naturaleza del enlace químico.)

LINUS PAULING (1939).

*“Los enlaces químicos se producen cuando la estructura electrónica de un átomo se altera lo suficiente para enlazarse con la estructura electrónica de otro átomo o átomos.”*

TEMA (Enlace químico).

Enciclopedia Británica.

*“Si la interacción atractiva entre dos átomos o entre más de dos átomos es suficientemente fuerte de modo que puedan estudiarse experimentalmente las propiedades singulares de la combinación, antes de que se descomponga, se dice que los átomos se mantienen juntos por enlaces químicos.”*

Tema (Química).

Bailar.

*“Se produce enlace entre dos átomos o entre dos grupos de átomos cuando existe una fuerza que los atrae uno hacia el otro, y les permite formar un conjunto suficientemente estable para ser observable mediante técnicas experimentales.”*

Diccionario de Ciencias Salvat.

*“A medida que dos átomos de hidrógeno se aproximan y se forma un enlace, los átomos están sujetos a una fuerza atractiva. Esta fuerza atractiva se debe a que, cuando están próximos, tienen menor energía que cuando están alejados. Es como si los átomos estuvieran conectados por un resorte que los atrajera hacia una región de menor energía potencial. Esta menor energía es lo que se denomina enlace químico.”*

Química, Curso Universitario. Mahan y Mayers

*“Las Fuerzas que mantienen unidos a los átomos en los compuestos son fundamentalmente de naturaleza eléctrica. Sabemos que los átomos son eléctricamente neutros de modo que es evidente que sólo podrá lograrse un enlace cuando las interacciones atractivas sean más poderosas que las repulsivas. “*

TÚ Y LA QUÍMICA. Garritz/Chamizo  
Prentice Hall. Mayo, 2001

*Se denomina ENLACE QUÍMICO a las uniones entre átomos que surgen al ceder, tomar o compartir electrones entre sí con el fin de lograr la estructura más estable en la última capa.*

*“En la materia, los átomos están muy próximos entre sí y existen fuerzas que los mantienen juntos; estas fuerzas se llaman enlaces químicos.”*

Química General. Petrucci, Ralph H.(1977).  
Fondo Educativo Interamericano.México, p.144-170

*Los átomos cuando se aproximan unos a otros y "chocan" sus últimas capas entre sí (de ahí la importancia de conocer cuántos electrones tiene un átomo en su última capa), en estos choques ceden, aceptan o comparten electrones (esto constituye una reacción química), se dará la opción más favorable, de tal forma que en su última capa se queden con la estructura de máxima estabilidad, que es la que corresponde a los gases inertes  $s^2p^6$  (8e- excepto el He,  $s^2$ ).*

[http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/064/htm/sec\\_7.htm](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/064/htm/sec_7.htm)

De los que se declara aún que no reaccionan, a pesar de que ya hay registro de compuestos derivados de ellos.

El uso de ciertas palabras y el desconocimiento del significado de otras nos llevan a desarrollar concepciones alternativas o bien, a arraigar otras. Cuando usamos palabras como “aproximan”, “chocan”, “ceden”, “aceptan”, “estructura de máxima estabilidad”(definición tomada de la red). Sin duda nos proporciona la idea de atribuirles voluntad y decisión a las partículas. Cuando en la realidad nos es difícil hasta describir su ubicación.

Continuaremos presentando al enlace químico como la fuerza que mantiene unidos a los átomos y por lo tanto de acuerdo a la fuerza de que se trate se le clasifica.

Es muy común en libros de texto que se presente al enlace iónico, al enlace covalente y al metálico. Este último, aunque presente en tres cuartas partes de los elementos de la tabla periódica, no es muy conocido por los estudiantes, aunque éste se encuentre en los libros de texto recomendados.

En las siguientes páginas se incluyen unas tablas donde de forma comparativa se presentan los tres tipos de enlace, esta información se tomó del libro “Química, La Ciencia Central”, citado en las referencias.

## CUADROS COMPARATIVOS

ENLACE IÓNICO	ENLACE COVALENTE	ENLACE METÁLICO
<p>El término enlace iónico se refiere a las fuerzas electrostáticas que existen entre iones de carga opuesta. Se dará un enlace de este tipo en la unión de átomos que tiendan a ceder electrones con facilidad (metales), con otros que tiendan a tomarlos fácilmente (no metales). Los elementos que forman este enlace están situados separados a ambos lados en la Tabla Periódica, alejados entre sí y por tanto de muy diferente electronegatividad.</p>	<p>El término de enlace covalente se le asigna a las interacciones electrostáticas que se dan entre átomos cuyas electronegatividades son iguales o muy cercanas. Si aplicamos métodos de la mecánica cuántica podremos calcular la distribución de la densidad electrónica. Así los átomos se mantienen unidos principalmente porque los dos núcleos son atraídos electrostáticamente hacia la concentración de carga negativa que está entre ellos, que en términos de cargas corresponde a un par electrónico. Si los átomos que se unen formando este tipo de enlace son iguales se llamará enlace covalente homonuclear y si son diferentes se llamará enlace covalente heteronuclear.</p>	<p>La estructura del denominado enlace metálico nació como entidad aparte, al no poderse aplicar a los metales el enlace covalente ni el iónico. La teoría más sencilla del enlace metálico fue introducida por Drude a principios del siglo XX y recibió el nombre de teoría del electrón libre o del mar de electrones. En su mayoría, los metales forman estructuras sólidas en las que los átomos están dispuestos en forma de esferas empaquetadas de forma compacta. El cobre como ejemplo, el número de electrones de valencia disponibles para formar enlaces es insuficiente, de este modo si el átomo ha de compartir sus electrones, éstos deben ser capaces de desplazarse de una región a otra.</p>

ENLACE IÓNICO	ENLACE COVALENTE	ENLACE METÁLICO
<p>Los compuestos con enlaces iónicos tienen como propiedades generales características que no se forman moléculas aisladas, sino redes cristalinas, muy fuertes y estables. Para separar los iones de la red se requiere bastante energía.</p> <p>Esto explica que los compuestos iónicos sean:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ sólidos poco conductores.</li> <li>✓ de elevado punto de fusión.</li> <li>✓ duros y quebradizos</li> </ul> <p>Además los iones pueden ser separados de la red fundiendo el compuesto o bien disolviéndolo en sustancias polares. Por este motivo estos compuestos en disolución acuosa conducen la corriente eléctrica.</p>	<p>El enlace covalente, se dará entonces entre átomos de similar electronegatividad, compartiendo pares de electrones (aportando al par un electrón cada átomo), en número necesario para que cada átomo disponga después de establecido el enlace, de los 8 electrones en la última capa (recordar que de acuerdo al modelo de Lewis, 8 electrones en la última capa proporcionan la máxima estabilidad posible para un átomo).</p> <p>Se llama valencia covalente de un elemento al número de electrones compartidos cuando se forma este tipo de enlace, (hidrógeno y cloro valencia 1, oxígeno valencia 2 y nitrógeno valencia 3).</p>	<p>Posteriormente con la aplicación de la mecánica estadística, el modelo fue adquiriendo complejidad matemática, aplicándose la estadística de distribución de <a href="#">Fermi-Dirac</a> a los electrones por primera vez en 1928 por Sommerfeld.</p> <p>Posteriormente surgió la teoría de bandas, más amplia que la anterior al permitir realizar un estudio general del estado sólido y explicar las propiedades particulares de los metales y no metales sólidos. Esta teoría se basa en la existencia de bandas electrónicas dadas por las funciones introducidas por Félix Bloch y en el uso del potencial dado por Kronig y Penney en 1930 para poder integrar la <i>ecuación de Schrödinger</i>.</p>





ENLACE IÓNICO	ENLACE COVALENTE	ENLACE METÁLICO
<p>De acuerdo con el concepto de electronegatividades de Pauling, a medida que aumenta la diferencia de electronegatividad entre dos átomos unidos de forma covalente, el enlace se hace cada vez más polar. Finalmente, la diferencia crece a tal punto que el grado de "compartición" de los electrones es insignificante y definimos el enlace como iónico. Un enlace iónico es simplemente la atracción electrostática entre un ion positivo (catión) y un ion negativo (anión).</p>	<p>Los orbitales moleculares ofrecen el método más refinado para explicar la manera como los átomos se combinan para formar moléculas covalentes. Sin embargo cuando se aplica a moléculas que contienen más de dos átomos, la teoría del orbital molecular se torna muy compleja. Para estos casos se utilizan otras teorías más sencillas y más antiguas para la formación de enlaces. Cuando dos átomos se aproximan uno al otro, sus orbitales atómicos se mezclan. Los electrones ya no pertenecen a un átomo, sino a la molécula en conjunto.</p>	<p>El gran éxito de esta teoría fue el dar una explicación satisfactoria de las propiedades conductoras de las sustancias sólidas, clasificándolas en conductoras, semiconductoras y aislantes, lo cual fue de vital importancia para el conocimiento, fabricación y utilización de los sistemas semiconductores en la industria de la electrónica. Los átomos de los elementos metálicos se caracterizan por tener pocos electrones de valencia (electrones de la última capa). No pueden formar enlaces covalentes, pues compartiendo electrones no pueden llegar a adquirir la estructura de gas noble.</p> <p>La estabilidad la consiguen de otro modo, los electrones de valencia de cada átomo entran a formar parte de "un fondo común" constituyendo una nube electrónica que rodea a todo el conjunto de iones positivos, dispuestos ordenadamente, formando un cristal metálico.</p>

Es importante que así como se hacen las comparaciones de las características que toman las diferentes modalidades de enlace. Se presente su estructura cristalina y su distribución espacial. De modo que se trabaje en los conceptos de redes, cristales y moléculas. El ejemplo más representativo del enlace con la modalidad iónica es el cloruro de sodio, sin embargo no siempre se comprende que estamos hablando de iones y de cómo éstos están interactuando entre, de modo que las interacciones producen que se forme un cristal (figura 1).

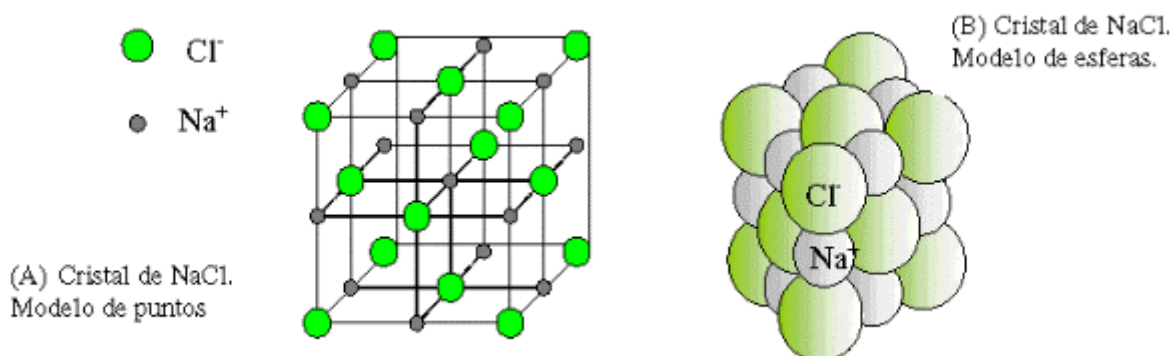
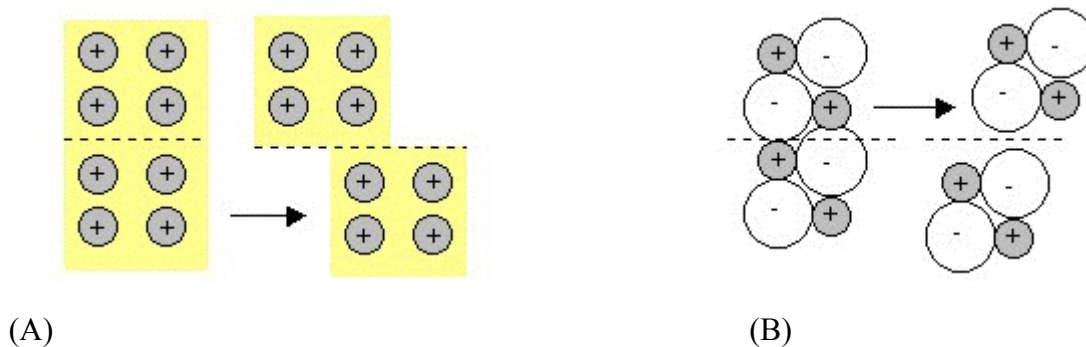


Figura 1

De la misma manera es útil presentar como al hablar de sólidos metálicos y sólidos iónicos, no existe el mismo comportamiento cuando estos son sometidos por ejemplo a una fuerza. Esto lo podemos explicar a través de los modelos iónico y metálico. Hablar de iones y hablar de electrones en movimiento son dos cosas diferentes que ayudan dentro de la presentación del enlace (figura 2).

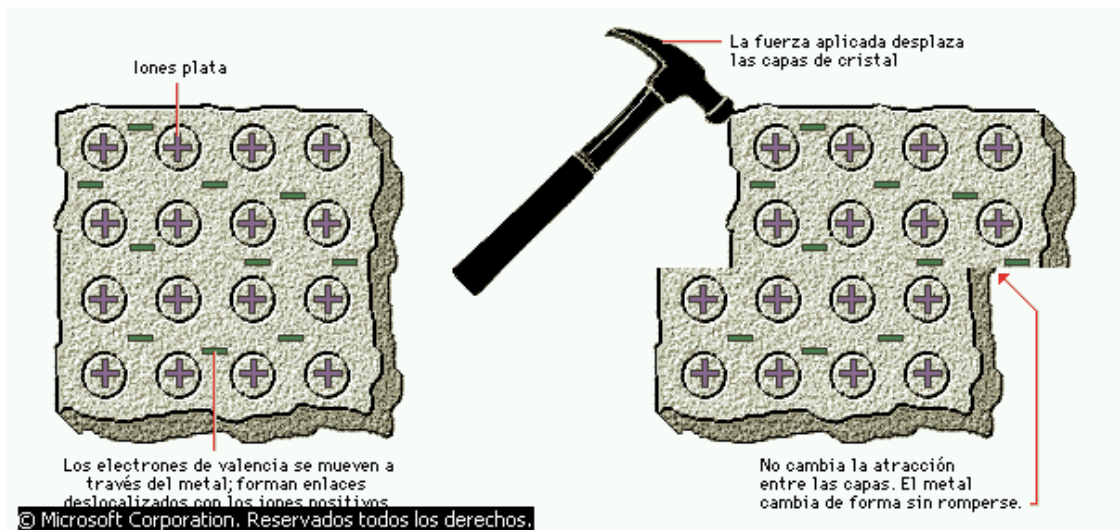
Así mismo presentamos la forma en que habitualmente se representa el enlace covalente homonuclear (figura 3), sin embargo es necesario enfatizar que no es tan fácil definir cual es la posición de los electrones involucrados.



**Comparación del comportamiento de un sólido metálico (A) y un sólido iónico (B), cuando estos son sometidos a una fuerza.**

Figura 2.

<sup>3</sup> Red Metálica de Plata



<sup>3</sup> <http://www.ur.mx/cursos/diya/quimica/jescobed/esteq2.htm>

### Enlace covalente homonuclear.

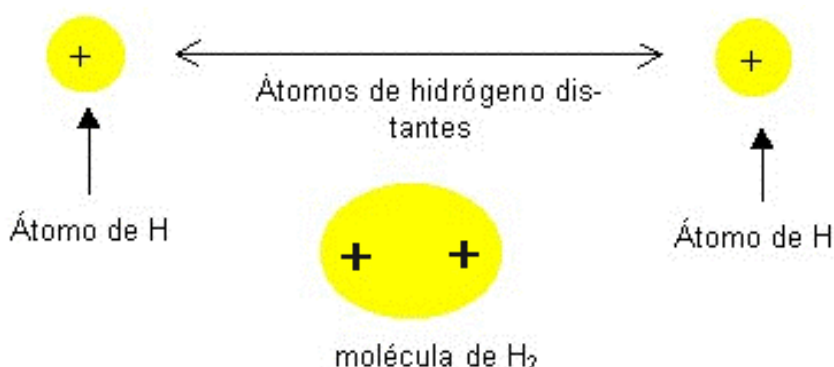
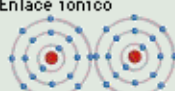
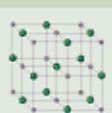

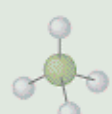


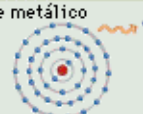
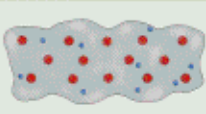


Figura 3.

El siguiente cuadro nos muestra una de las formas más comunes como se comparan las propiedades, el tipo de estructura y la estructura misma de compuestos y elementos de acuerdo al tipo de enlace, lo cual es muy útil pero que si no existe una explicación en cuanto a las situaciones particulares que se pueden presentar, puede servir para reafirmar algunas ideas previas en el aula (tomado de la red <http://www.ur.mx/cursos/diya/quimica/jescobed/estequio.htm>)

TIPO DE ENLACE	TIPO DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE ESTRUCTURA	PROPIEDADES CARACTERÍSTICAS
Enlace iónico  ▲ ejemplo: KCl	Red iónica	 ▲ Cloruro de potasio, KCl	Sólidos cristalinos Puntos de fusión elevados Puntos de ebullición elevados Solubles en agua Conducen la electricidad fundidos o en disolución No conducen la electricidad en estado sólido
Enlace covalente  ▲ ejemplo: CH <sub>4</sub>	Moléculas simples	 ▲ Metano, CH <sub>4</sub>	Fundamentalmente líquidos y gases Puntos de fusión bajos Puntos de ebullición bajos Insolubles en agua No conducen la electricidad
 ▲ ejemplo: C	Moléculas gigantes	 ▲ Diamante, C	Sólidos Puntos de fusión elevados Puntos de ebullición elevados La solubilidad y conductividad varían de una sustancia a otra
Enlace metálico  ▲ ejemplo: Ag	Red metálica	 ▲ Plata, Ag	Sólidos cristalinos Dúctiles y maleables Puntos de fusión elevados Puntos de ebullición elevados Insolubles en agua

## **LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS. CÓMO SE REFUERZAN Y CÓMO SE PUEDE PROMOVER EL CAMBIO CONCEPTUAL.**

La idea central de este análisis es ubicar el uso de palabras y esquemas que van induciendo a reforzar las ideas previas. Existe el uso de términos que aunque son palabras que nos ayudan en la cuestión pedagógica, alejan al estudiante del concepto científico.

Podemos observar que el uso exhaustivo de ciertas palabras realza la importancia de ciertos conceptos tales como “ceder”, “aceptar”, “el electrón del elemento A”, “las propiedades físicas tales que...”, “el electrón se encuentra” Así, se ve que para los estudiantes no es claro el papel que juegan los electrones (y los orbitales) en la formación del enlace químico. Ya que no es fácil la introducción de la mecánica cuántica y el concepto dual onda-partícula; resulta para el estudiante que:

- los átomos mantienen su identidad aun después de formar moléculas.
- se encuentran localizados en determinado espacio.
- tienen definido de antemano cómo va a ser su comportamiento.
- se le considera al electrón que se involucra en un enlace químico, como propiedad bien definida de algún átomo en especial.

Lo que parece indicar que hay conceptos que no están claros y que siguen sin distinguir con claridad a los elementos, a sus partículas elementales, sus interacciones y cuál es su naturaleza.

No hay una comprensión clara de cómo intervienen las fuerzas electrostáticas y electromagnéticas; probablemente debido a que se desconoce qué es una fuerza y al poco entendimiento de la vinculación de la física con este campo de estudio. Por lo que la comprensión del enlace iónico les resulta particularmente difícil.

Cabe destacar que la definición de si el enlace químico es un modelo o una realidad, se encuentra poco clara, de modo que se piensa que el modelo hace al enlace y no que el enlace al modelo.

Los estudiantes le siguen dando una enorme importancia al modelo de Lewis para el enlace químico. Y no se les puede culpar, ya que las definiciones que encontramos en libros de textos revisados y actualizados, aún le dan una enorme importancia a este modelo.

El concepto de electronegatividad es muy apreciado entre los estudiantes y tratan de usarlo para explicar numerosos fenómenos y propiedades. Esto también lo observamos en las definiciones que encontramos en las fuentes bibliográficas que los alumnos consultan. Sin embargo, su aplicación incorrecta los lleva a suponer que el enlace en el  $F_2$  o en el HF es iónico.

La confusión entre modelo y realidad que se da en nuestros alumnos, los lleva a considerar que existe una frontera clara y contundente entre compuestos iónicos, metálicos y covalentes y que, por ello, las propiedades de unos y otros son radicalmente diferentes.

De la misma manera observamos que al estudiante se le enseña el tema en el aula y le es difícil extender el conocimiento a otros campos, de modo que si se habla de que el enlace metálico se presenta en los metales, pero en algún proceso ese metal se encuentra en forma de ion, ya le es difícil determinar de qué modalidad de enlace se está hablando. Esto sucede porque por lo general se hace una división categórica del enlace y no se usan herramientas pedagógicas y ejemplos prácticos de compuestos en donde no se cumplen las reglas generales.

Todo ello nos lleva a pensar en la necesidad de que los profesores conozcan las ideas previas de sus estudiantes, las aborden explícitamente en clases teóricas y experimentales; seleccionen cuidadosamente los libros de texto y materiales didácticos para no reforzar ideas previas; se aseguren de que los

estudiantes posean los conocimientos que se requieren para entender el enlace químico y se esfuercen en conducirlos hacia el cambio conceptual o, al menos, hacia un cambio de perfil conceptual.

El “cómo” dirigirnos hacia un cambio conceptual no es una tarea fácil, requiere por un lado de un fundamento científico sólido y actualizado del tema a tratar. Así cualquier persona que vaya a enseñar algo, deberá de manera personal verificar las fuentes de información que utiliza y que recomienda. Y por otro lado hacer un análisis crítico de la información a la que tenemos acceso y con esto llevar a los estudiantes a hacer una revisión de sus propias creencias.

La necesidad de diseñar estrategias de enseñanza-aprendizaje basadas en los esquemas representacionales de los alumnos, que no dejen de lado el importante aspecto de la motivación, es una invitación para seguir trabajando en este tema.

De acuerdo a la referencia que hacemos del trabajo de García y Garritz (2006), como fundamento científico aceptado, es muy importante durante la presentación del tema, la definición correcta de los conceptos que se van a utilizar en la enseñanza del tema de enlace químico, así como proporcionar la importancia debida a la estructura cristalina y la distribución espacial de las moléculas (figuras 4,5).

El enlace químico está asociado a un desplazamiento de partículas extremadamente ligeras llamadas electrones, así que según sea la amplitud de este desplazamiento tendremos una u otra modalidad de enlace.

De modo que, sensibles a los progresos de una nueva corriente unificadora, los químicos buscaremos olvidar los modelos clásicos, que arraigan ideas previas, y no hablar más que de un enlace químico, el cual es un fenómeno esencialmente electrostático que se ve matizado en su carácter covalente, iónico o metálico de la misma manera en que encontramos una gran variedad de tonalidades grises entre lo blanco y lo negro. Yo creo que es muy importante

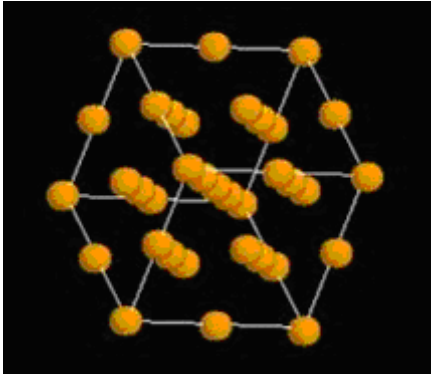


introducir las contribuciones de la mecánica cuántica en la presentación del enlace químico.

Sabemos de antemano que es un tema que requiere el manejo de matemáticas y de muchos otros conceptos; sin embargo la falta de herramientas apropiadas a ciertos niveles imposibilita ese tratamiento y conduce al uso de modelos, que si bien son de utilidad, tienen cierto alcance. Por lo que es importante explicar esto a los alumnos con el fin de que formen conceptos adecuados. La falta de explicaciones al respecto arraiga fuertemente ideas previas sobre el tema. Algo muy importante que ayudaría a evitar algunas ideas previas sería trabajar un poco más en la estructura cristalina y las repercusiones directas e indirectas que tiene ésta en las propiedades de los materiales.

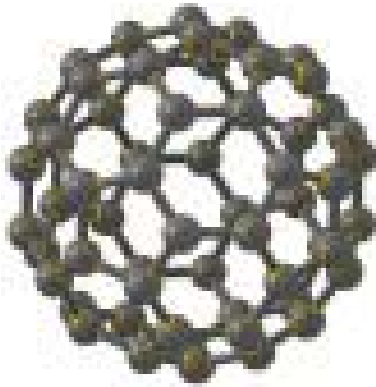
Un buen manejo también de los conceptos de fuerzas intermoleculares ayudaría a definir de manera más clara el enlace químico. Se observa que aún en libros de texto no existe una definición clara de estos conceptos, lo cual arraiga todavía más ciertas ideas.

## ESTRUCTURA CRISTALINA Y ENLACE



Red cristalina del Fe

Figura 4.



Red covalente de C<sub>60</sub>

Figura 5.

# **CAPÍTULO CUATRO**

## **LA INVESTIGACIÓN**

## **GENERALIDADES**

Como decía Sir Isaac Newton: “Si logramos algo valioso será porque estamos subidos sobre los hombros de los gigantes que nos han precedido”.

La ciencia es un quehacer humano y, como consecuencia, ha ido evolucionando no sólo en sus teorías, sino también en sus definiciones y concepciones. La manera en que la filosofía de la ciencia ha sacado a la luz las relaciones entre lo teórico y lo empírico no deja de incomodar, a veces, al sentido común y al análisis epistemológico.

Podemos representarnos la aproximación científica cuando miramos el mundo con cierto número de ideas en la cabeza: ideas preconcebidas, representaciones, modelos científicos, modelos pre-científicos, mitos. Esas representaciones tienen cierta coherencia; sin embargo, no hay una sola sino múltiples maneras de representar el mundo de una forma satisfactoria. Así que desde el punto de vista expresado, las ciencias resultan una práctica que sustituye constantemente las representaciones que teníamos anteriormente del mundo. Sin embargo hoy en día vivimos tiempos de cambio, en donde la filosofía de la ciencia y las investigaciones educativas se han dado a la tarea de interconectar los análisis de observaciones recientes, lo que ha dado origen a una serie de nuevos conceptos y metodología para el desarrollo de la ciencia.

Si cada ciencia particular, como sabemos, se dirige a un cierto aspecto o nivel de la realidad, dentro del cual cada investigador plantea sus propios objetivos de indagación, es natural que en el trabajo concreto, en el proceso mismo de la investigación, esa estrategia general (el método) tome características propias de acuerdo con las preguntas que se formulan, las alternativas elegidas, los procedimientos específicos aplicados, etc.

En su acepción más general, el método es la estrategia que guía el proceso de investigación con el fin de lograr ciertos resultados; específicamente, aquellos

definidos en los objetivos del estudio. Esta estrategia, en su planteamiento y desarrollo, incluye la experiencia práctica, técnica y teórica del investigador, guiadas a su vez, por las funciones intelectuales del análisis, la síntesis, la inducción y la deducción. En este sentido es por medio del método que se eligen alternativas de solución para los diferentes problemas que aparecen en el camino de la creación de conocimientos y se aplican normas y criterios para aceptar ciertos hechos, compararlos, describirlos, explicarlos o rechazarlos. Por definición, en la investigación experimental propiamente dicha los sujetos del experimento son asignados, hasta cierto punto, de manera aleatoria.

El trabajo de investigación que presentamos buscó encontrar una población con la que pudiéramos presentar el reflejo de la situación actual dentro de la Facultad de Química, por lo que iniciamos con los grupos de Química General<sup>4</sup> y Química Inorgánica<sup>5</sup>, que son dos asignaturas donde se aborda el tema de enlace químico, y posteriormente seguir un poco más de cerca resultados en grupos de asignaturas de ingenieros químicos.

Los cuestionarios y las cédulas de entrevistas son instrumentos destinados a recolectar la información requerida por los objetivos de una investigación de este tipo.

Las preguntas de un cuestionario pretenden alcanzar la información que permita cumplir con los objetivos de una investigación mediante las respuestas proporcionadas por las personas del universo o de la muestra. Con respecto a las preguntas es importante considerar que a las personas les es difícil admitir su ignorancia y tienden a dar respuesta sin importar el contenido.

Es importante que si se requieren respuestas específicas, no se hagan preguntas generales, además de presentar las distintas perspectivas desde las cuales puede examinarse un tema u opinar de él. Se sugiere que las preguntas sean claras y sencillas. Debemos evitar frases y palabras ambiguas. Como

---

<sup>4</sup> Asignatura de primer semestre del plan de estudios (1987-2005) para todas las carreras de la Facultad.

<sup>5</sup> Asignatura de tercer semestre del plan de estudios (1987-2005) para todas las carreras de la Facultad, excepto IQM en la que se incluye en segundo semestre.

regla general, las preguntas deben formularse de tal modo que no obliguen a la persona a colocarse a la defensiva. La redacción de la pregunta no debe dirigir el sentido de la respuesta.

La solución general al problema planteado consiste en formular preguntas previas destinadas a averiguar la conducta, los conocimientos, etc. antes de inquirir por la dirección o el contenido específico de las mismas.

## **METODOLOGÍA**

Ya que el objetivo del trabajo es presentar el estado actual del conocimiento del enlace químico y sus modalidades, así como la aplicación e integración de dicho conocimiento a otras áreas, incluyendo al uso profesional con miras a la creación de tecnología, se decidió hacer un muestreo en diferentes etapas de la formación del ingeniero químico, en la Facultad de Química.

Para la realización de esta investigación se optó por la aplicación de dos cuestionarios. Consideramos que el método más apropiado para conseguir resultados representativos fue el de aplicar primeramente un cuestionario sencillo que nos proporcionara respuestas espontáneas y que nos ubicara en el nivel de entendimiento que tiene sobre el tema de enlace el estudiante promedio de la Facultad. La muestra fue aleatoria de modo que obtuviéramos resultados representativos. En todo momento se planteó que las respuestas fueran lo más honestas ya que nos ayudarían a desarrollar mejores estrategias de enseñanza, que deseamos se vean reflejadas en una mejor formación de profesionales en esta Facultad.

No se les dio aviso previo, así que lo obtenido, es lo que los estudiantes tienen dentro de su estructura cognitiva, y es la información con la que enfrentan la resolución de problemas e integran otros conocimientos.

Para la realización de la investigación, solicitamos a los maestros de las asignaturas nos dieran un tiempo para realizar el cuestionario, que no tomó arriba de 15 minutos.

Elegimos un grupo de Química General en donde aplicamos el primer cuestionario y dos grupos de Química Inorgánica en donde aplicamos los dos cuestionarios, en uno de ellos se aplicó el cuestionario antes de que el tema se enseñara en clase y en el otro grupo fue posterior.

Se pidió a los alumnos indicaran la carrera que pensaban terminar, ya que esto era importante para darle seguimiento a sus conceptos a lo largo de la instrucción. En los resultados se encuentran subrayadas las respuestas de los ingenieros químicos de los primeros semestres.

Con el Cuestionario II pensamos encontrar por dónde se da la falta de solidez científica de conceptos fundamentales de la química en el estudiante de ingeniería química. La detección de ideas previas y de una concepción muy personal del perfil de este profesional es parte del objetivo del sondeo, ya que existen algunas ideas no muy cercanas a la realidad que contribuyen a que muchos de los conocimientos se desechen y a muchos otros ni siquiera se les dé un lugar de importancia. Utilizamos nuestra experiencia a lo largo de la estancia en esta Facultad para diseñar el Cuestionario II, eligiendo preguntas que abordaran temas de interés y preocupación para el ingeniero en formación, así que el segundo cuestionario se aplicó a grupos de:

- Fenómenos de Transporte (Tercer Semestre)
- Transferencia de Calor (Quinto Semestre)
- Ingeniería Ambiental (Séptimo Semestre)
- Ingeniería de Reactores (Octavo Semestre)

La idea fundamental al muestrear grupos de quinto, séptimo y octavo semestre era dar un seguimiento al lugar que va ocupando el concepto de enlace, mientras se va formando como ingeniero químico, y si éste lo vincula a su formación como profesional y en su futuro desempeño. A continuación mostramos los dos cuestionarios.

## **INSTRUMENTOS:**

### **CUESTIONARIO I**

#### **INVESTIGACIÓN SOBRE ENLACE QUÍMICO**

**Semestre:**

**Nombre de la asignatura:**

**Carrera:**

#### **Preguntas:**

1. ¿Cómo definirías al enlace químico?
2. ¿Qué modalidades de enlace conoces?
3. Ejemplifica, ya sea con una representación gráfica o simbólica, cada uno de ellos. Nombra algunos compuestos que sean característicos de cada modalidad.
4. A lo largo de toda tu formación académica, ¿en qué momentos te han presentado este conocimiento y qué estrategia de enseñanza han utilizado?
5. ¿Cómo crees que este conocimiento te sea útil en tu formación profesional?



## CUESTIONARIO II

FACULTAD DE QUÍMICA

### **INVESTIGACIÓN DENTRO DE LA POBLACIÓN DE INGENIEROS QUÍMICOS**

1. La profesión de ingeniero químico la relacionas con la palabra:
  - a. Status
  - b. Dinero
  - c. Administración
  - d. Tecnología
  - e. Preparación
2. ¿Cuáles son tus expectativas como profesional?
3. ¿Qué te llevó a decidirte a escoger esta carrera dentro de la Facultad y no alguna de las otras opciones?
4. Dentro de tu formación académica ¿cuáles asignaturas crees que te serán de mayor utilidad en el desempeño profesional?
5. ¿Qué asignaturas consideras que no te van a ser de mucha utilidad?
6. ¿Qué sabes del enlace químico y qué importancia tiene dentro de tu carrera profesional?
7. ¿Consideras el enlace químico y sus diferentes modalidades como una enseñanza básica dentro de tu formación y que te puede ser de utilidad en tu vida profesional?  
¿Por qué?
8. ¿Cuáles temas asimilados dentro de tu formación consideras de mayor importancia para tu desempeño profesional? Ordénalos del 1 al 6, dando el número uno al de mayor relevancia.
  - a. Leyes de la Termodinámica
  - b. Ley de conservación de la masa
  - c. Enlace químico y estructura de la materia
  - d. Fenómenos de transporte
  - e. Cinética química

## RESULTADOS

GRUPO	SEMESTRE	MATERIA	Número de Alumnos
<b>A</b>	<b>PRIMERO</b>	Química General (Laboratorio)	<b>15</b>
<b>B</b>	<b>TERCERO</b>	Química Inorgánica (Teoría)	<b>25</b>
<b>C</b>	<b>TERCERO</b>	Química Inorgánica (Teoría)	<b>30</b>
<b>D</b>	<b>TERCERO</b>	Fenómenos de Transporte (Laboratorio)	<b>8</b>
<b>E</b>	<b>QUINTO</b>	Transferencia de calor (Laboratorio)	<b>7</b>
<b>F</b>	<b>SÉPTIMO</b>	Ingeniería Ambiental (teoría)	<b>20</b>
<b>G</b>	<b>OCTAVO</b>	Ingeniería de Reactores (Laboratorio)	<b>6</b>

- Hubo una mayor participación de los alumnos en los primeros semestres.
- Se le dio más seriedad e importancia en los grupos A,B,C,D.
- No están registradas todas las respuestas por la dificultad de codificarlas o bien por que no respondieron.

## CUESTIONARIO I

Investigación	Objetivo
Población: Facultad de Química Carreras: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Químico</li> <li>• Ingeniero Químico</li> <li>• QFB</li> </ul>	Sondear el estado actual del conocimiento del enlace químico y sus diferentes modalidades así como la vinculación del tema con el desempeño <b>profesional</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero Químico Metalúrgico</li> <li>• Químico en Alimentos</li> </ul>	
---	--

## GRUPO A:

Asignatura/grupo	Semestre	Población
Química General	primero	QA,IQ,IQM,QFB,Q

- ✓ Es un grupo que estuvo en contacto con docentes ocupados del manejo de ideas previas y cambio conceptual. Semestre 2005/1. El tema de enlace químico ya había sido abordado cuando se realizó el muestreo.
- ✓ Se muestran subrayadas las respuestas de los alumnos que manifestaron su interés en terminar su formación profesional como ingenieros químicos.
- ✓ Es interesante que de la primera pregunta se desprenden un gran número de ideas previas que pueden servirnos para plantear estrategias de enseñanza.
- ✓ Las respuestas que se presentan en estos grupos reflejan lo que los alumnos han integrado en cuanto al tema, desde que iniciaron a tener contacto con la Química.
- ✓ Se subrayan aquellas respuestas que son de alumnos IQ's

**Pregunta 1:** ¿Cómo definirías al enlace químico?

### RESPUESTAS:

- Es la relación que se da entre dos átomos al compartir electrones de tal modo que alcancen la máxima estabilidad
- Es la unión entre diferentes átomos de compuestos
- Es una fuerza intermolecular por medio de la cual se forman compuestos o moléculas poliatómicas
- Las fuerzas que mantienen unidas a las moléculas de un compuesto, las hay intermoleculares e intramoleculares
- Es cuando las moléculas o elementos se unen fuertemente dando lugar a la formación de compuestos
- La unión entre dos átomos dada por la compartición de pares electrónicos

- Interacción entre los elementos, los elementos dan las diferentes formas de enlace y sus propiedades físicas
- Es el compartimiento de un par de electrones entre dos átomos
- Es un modelo que representa uniones entre las sustancias de acuerdo a sus estructuras y se da entre elementos, sustancias o hasta átomos.
- Teoría que explica el compartimiento de las especies químicas a partir de interacciones entre átomos, moléculas y pueden ser intramolecular e intermolecular
- Es el modelo que describe la naturaleza de la unión entre dos partículas
- Es la unión entre las moléculas de diferentes compuestos
- Es la unión entre diferentes átomos de compuestos

## Pregunta 2

¿Qué modalidades de enlace conoces?

- Intermoleculares (Puentes de Hidrógeno) e intramoleculares (Covalente Polar)
- Metálico, covalente y iónico
- Covalente, metálico, polar, no polar
- Iónico, metálico y covalente: polar y no polar
- Covalente, iónico, coordinado, metálico y puente de hidrógeno

## Pregunta 4

A lo largo de toda tu formación académica, ¿en qué momentos te han presentado este conocimiento y qué estrategia de enseñanza han utilizado?

- No contestan en qué momentos les han presentado el conocimiento

### Estrategia de enseñanza:

Existe una confusión en los alumnos entre lo que son recursos para la enseñanza y las estrategias de enseñanza.

- Oral
- Acetatos
- Modelos (modelos físicos, maquetas o material plástico con el que pueden modelar una molécula)
- Experimentos en el laboratorio

### **Pregunta 5**

¿Cómo crees que este conocimiento te sea útil en tu formación profesional?

- Para la identificación de sustancias y su manera de combinarse
- Toda la actividad química se basa en los enlaces; sólo con un buen conocimiento se puede desarrollar un buen papel en el quehacer químico
- En la industria ya que de ello dependen las propiedades físicas
- Para entender lo macro hay que comprenderlo desde los enlaces que lo forman
- Es importante porque es un conocimiento básico para poder entender lo demás
- Es muy importante porque toda la química está relacionada con enlaces y reacciones químicas
- Son las bases porque todo se va relacionando

### **GRUPO B:**

Asignatura/grupo	Semestre	Población
------------------	----------	-----------

Química Inorgánica	Tercero	QA,IQ,IQM,QFB,Q
--------------------	---------	-----------------

- ✓ Este grupo es muestreado sin que se haya abordado el tema en clase.  
Semestre 2005/2

**Pregunta 1:** ¿Cómo definirías al enlace químico?

**Respuestas:**

- Fuerza entre átomos que los mantiene unidos
- La base de las estructuras químicas para formar moléculas
- Unión entre pares eléctricos de electrones, átomos y moléculas
- Fuerza de atracción entre dos átomos
- Un tipo de unión que dependiendo del tipo de moléculas los compuestos tienen características que los definen
- Fuerza electrostática que une a los átomos
- Fuerza entre átomos que los mantiene unidos en las moléculas que resulta de la atracción simultánea de uno o más electrones por más de un núcleo
- Es la transferencia o compartimiento de electrones entre los elementos completando la regla del octeto
- La unión entre elementos
- La unión entre moléculas

**Pregunta 2**

¿Qué modalidades de enlace conoces?

- Iónico, covalente polar y covalente.
- Metálico, covalente, covalente polar y no polar, no metálico

- Iónico y covalente
- Iónico, covalente polar y covalente no polar
- Metálico, covalente, iónico y puente de hidrógeno
- Iónico, covalente y metálico
- Iónico, covalente polar, covalente no polar, metálico y coordinado
- Iónico, covalente, covalente coordinado, polar, triple enlace
- Iónico, metálico y covalente: polar y no polar

#### **Pregunta 4**

A lo largo de toda tu formación académica, ¿en qué momentos te han presentado este conocimiento y qué estrategia de enseñanza han utilizado?

##### Formación Académica:

Se tuvo contacto con el tema en:

- Estructura de la materia, Química General
- En preparatoria y en los primeros 2 semestres de la carrera
- En Secundaria, Preparatoria y aquí en la Facultad
- Desde Secundaria y en Química General
- Brevemente en Química General
- En Química General, Preparatoria y la Facultad
- Estructura de la materia

##### Estrategia de enseñanza:

- Exposición de temas por alumnos, sin explicación del maestro
- Con un ejemplo de enlace iónico, uno de covalente y finalmente de covalente iónico
- El maestro expone la clase
- Con ejemplos y enseñando electronegatividad

- Por medio de libros de texto, Estructuras de Lewis, Modelos Atómicos

### Pregunta 5

¿Cómo crees que este conocimiento te sea útil en tu formación profesional?

- A encontrar sentido real a las cosas
- Para entender mejor el comportamiento de elementos con cada tipo de enlace y así identificar los compuestos covalentes y iónicos
- Es la base como se forma la materia
- Para imaginar estructura de moléculas
- En química de alimentos es necesario conocer la estructura y fuerzas que tienen los elementos para formar compuestos
- Me ayuda a predecir reacciones
- Aún no sé
- Para entender la unión entre moléculas, son la base de la Química
- En la elaboración de medicamentos
- En todo momento ya que llevo el nombre de Químico

### GRUPO C:

Asignatura/grupo	Semestre	Población
Química Inorgánica	Tercero	QA,IQ,IQM,QFB,Q

- ✓ Después de abordar el tema en clase.
- ✓ Este grupo contó con un docente que manejó la detección de ideas previas y cambio conceptual. Semestre 2005/1



**Pregunta 1:** ¿Cómo definirías al enlace químico?

**Respuestas:**

- Atracción entre moléculas que se da cuando existen condiciones para ese comportamiento
- Fuerza que mantiene unidos a los átomos en una molécula
- Modelo que explica cómo dos o más átomos permanecen unidos por medio de un enlace entre pares de electrones y dependiendo de la electronegatividad de estos átomos es el tipo de enlace que existe
- Fuerzas intermoleculares que ocurren en los átomos para unirse con otro átomo
- Fuerza de atracción que mantiene unidos a los átomos y a las moléculas
- Unión de átomos por medio de fuerzas electrostáticas
- Es algo abstracto que puede ser la unión de dos electrones de valencia, el compartir electrones de valencia, involucra tanto a los electrones de valencia como a la probabilidad de encontrar un electrón
- Interacciones interatómicas de los compuestos, o sea un tipo de fuerzas involucradas y los fenómenos electrostáticos que ahí ocurren
- Fuerza de cohesión existente en la materia
- Fuerzas intermoleculares que mantienen unido a un compuesto o un elemento, es lo que hace que cierta sustancia presente cierta estructura particular y determinadas características
- Unión de varios átomos iguales o diferentes que formarán una molécula con otras propiedades que las de los átomos aislados
- Interacción entre la densidades electrónicas de uno o más compuestos para dar origen a un nuevo compuesto
- Interacción electrónica que ocurre entre átomos de distintos elementos
- Forma en la que dos elementos se unen para formar un compuesto

- Interacción entre dos átomos donde interacciona una fuerza electrostática
- Atracción entre fuerzas electrostáticas que mantienen unidos a los átomos
- Unión de los átomos de los elementos dentro de un compuesto químico
- Conjunto de fuerzas electrostáticas que permiten que dos átomos se encuentren unidos
- Modelo que nos permite explicar la unión de átomos
- Forma en que se enlazan los diferentes elementos y compuestos
- Forma de atracción entre los átomos de una molécula que es ocasionada por la atracción de fuerzas nucleares a los electrones y con otros átomos
- Interacción o forma en que dos o más átomos se unen para combinarse y dar origen a una molécula
- Atracción de electrones de dos o más átomos, los electrones al unirse forman lo que se llama enlace químico.

## Pregunta 2

¿Qué modalidades de enlace conoces?

- Iónico, covalente, fuerzas de Van der Waals, fuerzas intermoleculares, puentes de hidrógeno
- Enlace iónico, covalente y metálico
- Enlaces fuertes: sencillos, dobles o triples  
Enlaces débiles: fuerzas de Van der Waals  
Enlaces covalentes, iónicos, metálicos
- Enlaces metálico, covalente polar, covalente no polar, coordinado y iónico
- Covalente, polar y iónico
- Covalente, iónico, metálico y puente de hidrógeno
- Iónico, covalente, iónico-covalente, ion-dipolo, dipolo-inducido, metálico covalente iónico, metálico, covalente polar

#### **Pregunta 4**

A lo largo de toda tu formación académica, ¿en qué momentos te han presentado este conocimiento y qué estrategia de enseñanza han utilizado?

##### Formación Académica:

Se tuvo contacto con el tema en:

- Química General y en los laboratorios, Química Inorgánica
- Química General, Estructura de la Materia
- En Secundaria, Preparatoria y Universidad
- Secundaria, Estructura de la Materia y Química Inorgánica
- Química General, pero es en Química Inorgánica donde mejor se nos ha enseñado

##### Estrategia de enseñanza:

- Acetatos, videos y clases
- Ejemplos, dibujos, diagramas de Lewis, acetatos
- Libros, esquemas, acetatos
- Explicación del profesor en el pizarrón
- Ninguna en especial
- La presentación de los trabajos de Pauling, Gillespie, Mulliken y se explicó que sus modelos nos ayudan a saber qué sucede
- Ni usan una estrategia te los nombran
- Lecturas de bibliografía y exposición en clase
- Lectura de artículos, acetatos, películas

- Estrategias tradicionales
- Información básica, poco profunda y eso no hace mucha diferencia
- Por medio de artículos científicos
- Ninguna estrategia ha sido muy buena ya que a la fecha no comprendo los enlaces químicos

### **Pregunta 5**

¿Cómo crees que este conocimiento te sea útil en tu formación profesional?

- Base principal para conocer cómo existe la materia
- Para entender la Química se debe saber cómo se forma y cómo reacciona
- Para predecir reacciones, predecir su comportamiento, realizar investigación
- Conocimiento fundamental para algunas operaciones dentro de la Química
- Para conocer su comportamiento y las aplicaciones que se les puede dar a los compuestos
- Es un tema importante que nos ayuda a englobar la Química
- Para entender cursos avanzados de Química, como Química del estado sólido, Covalente, Coordinación, Orgánica etc.
- Para saber las características que presentarán los compuestos
- En todo, pedí cambio de carrera a Química en donde el enlace es de suma importancia (IQM)
- Para los campos de polímeros, materiales y en todos en general
- Para elaborar un buen proceso sabiendo cómo se relacionan las moléculas
- Para síntesis, para comprender y explicar algunas propiedades de los materiales
- Porque son base para entender y aprender mejor asignaturas posteriores
- Para la identificación de compuestos

- Para predecir reacciones
- Para entender a la Química como Ciencia y materia de estudio

### GRUPO D:

Asignatura/grupo	Semestre	Población
Fenómenos de Transporte	Tercero	IQ

- ✓ Población de ingenieros químicos.
- ✓ Semestre 2005/2

### Pregunta 1:

¿Cómo definirías al enlace químico?

### RESPUESTAS<sup>6</sup>:

- Modelo que nos ayuda a explicar las interacciones en átomos de una molécula o entre diferentes moléculas
- Fuerza que existe entre dos o más átomos para formar una molécula
- Fuerzas que existen entre átomos para que puedan estar unidos entre sí
- Es la unión que tienen las moléculas de los compuestos
- Una propiedad que tienen las sustancias para formar otras con características diferentes
- Unión de dos o más átomos
- Un enlace químico se da cuando dos átomos comparten electrones en un mismo nivel de energía

---

<sup>6</sup> A partir de estos grupos ya no se subrayan respuestas puesto que corresponden únicamente a alumnos de la carrera de IQ

## Pregunta 2

¿Qué modalidades de enlace conoces?

- Covalente, iónico, metálico, covalente coordinado
- Iónico, covalente, coordinado
- Iónico, covalente: polar y no polar, metálico
- Covalente, iónico, metálico, polar
- Iónico, covalente, polar coordinado, metálico
- Covalente, iónico, covalente inducido
- Iónico y covalente
- Iónico, covalente y metálico.

## Pregunta 4

A lo largo de toda tu formación académica, ¿en qué momentos te han presentado este conocimiento y qué estrategia de enseñanza han utilizado?

Formación Académica:

Se tuvo contacto con el tema en:

- Química General, Química Inorgánica, Estructura de la Materia
- 6° de Bachillerato y 1°, 2°, 3<sup>er</sup> semestres en esta Facultad
- Química Inorgánica

Estrategia de enseñanza:

- Acetatos, ejercicios
- Con ejemplos y ejercicios
- Con teoría y formas imaginarias sin profundizar
- Introducción sobre lo que es enlace y posteriormente ejemplos y ejercicios

### **Pregunta 5**

¿Cómo crees que este conocimiento te sea útil en tu formación profesional?

- Ayuda a comprender y tratar de predecir desde lo más simple las reacciones químicas
- Nos da información si un compuesto es conductor o si resiste altas temperaturas
- Para predecir la energía necesaria para poder romper el enlace en un proceso de separación en una fábrica
- Da mucha información de cómo es la estructura de los compuestos y qué tan fuertemente están unidos
- Se usa a lo largo de toda la carrera ya que del tipo de enlace depende que algunas sustancias reaccionen o no.
- Para predecir el comportamiento de compuestos: solubilidad, punto de fusión y ebullición
- Para entender las reacciones químicas
- Para conocer diversas propiedades físicas y químicas de los compuestos y trabajarlos así en procesos de transformación

### **GRUPO E:**

<b>Asignatura/grupo</b>	<b>Semestre</b>	<b>Población</b>
Transferencia de Calor	quinto	<b>IQ</b>

- ✓ Semestre 2005/2
- ✓ Grupo de laboratorio
- ✓ Población de ingenieros químicos

### **Pregunta 1:**

¿Cómo definirías al enlace químico?

- Fuerza electromagnética a través de los electrones de la última órbita de los átomos, por la cual éstos se unen para formar moléculas
- Una fuerza de unión entre moléculas
- La manera en que las moléculas se unen con otras
- Fuerza iónica que une moléculas
- El matrimonio entre la materia y la energía

## **Pregunta 2**

¿Qué modalidades de enlace conoces?

- Iónico, covalente y covalente polar
- Iónico, covalente, ion-dipolo, dipolo-dipolo, Van der Waals, puente de hidrógeno
- Iónico, dipolo-dipolo, ion-dipolo inducido, Van der Waals, puente de hidrógeno, covalente, covalente polar
- Enlace covalente, iónico, polar, metálico, coordinado
- Iónico, covalente y metálico

## **Pregunta 4**

A lo largo de toda tu formación académica, ¿en qué momentos te han presentado este conocimiento y qué estrategia de enseñanza han utilizado?

Formación Académica:

Se tuvo contacto con el tema:

- Química General, Química Inorgánica, Orgánica I
- Estructura de la Materia



- Química Orgánica, Química General y Equilibrio Químico
- En 1er, 2° y 5° semestres en la Facultad
- Química Inorgánica, Orgánica y Analítica

Estrategia de enseñanza:

- Pizarrón y globos
- Memorizarlos
- Haciendo físicamente los enlaces con bolitas de unicel y palitos

**Pregunta 5**

¿Cómo crees que este conocimiento te sea útil en tu formación profesional?

- Para ver cómo están formados los compuestos
- El enlace proporciona las propiedades físicas, químicas y termodinámicas de las sustancias
- Nos ayuda a saber muchas cosas como solubilidad, propiedades de los materiales, comportamiento (sin embargo no lo tengo muy bien fundamentado porque no pude contestar por completo todo el cuestionario)
- Como un modelo para dar explicaciones a fenómenos químicos elementales

**GRUPO F:**

<b>Asignatura/grupo</b>	<b>Semestre</b>	<b>Población</b>
Ingeniería Ambiental	séptimo	IQ

- ✓ Semestre 2005/1
- ✓ Un grupo bastante escéptico y poco cooperador incluyendo el maestro.
- ✓ Población de ingenieros químicos.

**Pregunta 1:**

¿Cómo definirías al enlace químico?

- Unión de átomos mediante fuerzas electrostáticas
- Unión de dos o más elementos cuando uno de ellos gana o pierde electrones para formar un nuevo compuesto
- Es la interacción que existe entre dos estados relativos de la materia que coexisten a una mínima entropía
- Es lo que une a una o varias moléculas o iones, se requiere energía
- La unión entre átomos por electrones
- La unión de moléculas
- Lo que mantiene unido a los átomos, son como tipos de fuerzas

## **Pregunta 2**

¿Qué modalidades de enlace conoces?

- Iónico, covalente y metálico
- Dipolo-dipolo, dipolo inducido, puente de hidrógeno
- Covalente, iónico y de coordinación.
- Metálico, iónico, covalente polar, covalente coordinado

## **Pregunta 4:**

A lo largo de toda tu formación académica, ¿en qué momentos te han presentado este conocimiento y qué estrategia de enseñanza han utilizado?

Formación Académica:

Se tuvo contacto con el tema en:

- Estructura de la Materia, Química Inorgánica
- Química Inorgánica, Química Orgánica y Estructura de la Materia

- Química Inorgánica

### Pregunta 5

¿Cómo crees que este conocimiento te sea útil en tu formación profesional?

- Es un concepto abstracto
- Para entender la Teoría Cinética de los Gases
- Para predecir el comportamiento de reacciones
- Más que útil creo que es sólo una definición no aprenderlo no repercutirá en mi formación
- Si eres investigador te funciona pero en la industria manufacturera y de transformación se necesitan criterios rápidos y prácticos
- Necesario para todas las asignaturas
- Como conocimiento básico y cultura general
- Para criterios de selectividad, conversión etc.
- Para pasar las asignaturas

### GRUPO G:

Asignatura/grupo	Semestre	Población
Ingeniería de Reactores	octavo	IQ

- ✓ Este grupo es un tanto representativo de lo que sucede muchas veces cuando en la seriación de las ingenierías se tiene algún problema, entonces estamos hablando de estudiantes que pueden estar ya en el último semestre y llevando esta materia que dentro del plan vigente está ubicada en el octavo. En particular ya a esta altura de la carrera existe muy poca cooperación e interés por parte de los alumnos de ser evaluados y menos en temas que consideran que no son de su área de interés.
- ✓ Semestre 2005/2
- ✓ Población de ingenieros químicos.

**Pregunta 1:**

¿Cómo definirías al enlace químico?

- Unión que se da entre átomos o moléculas mediante algún tipo de fuerza química
- Unión entre electrones
- La compartición total o parcial de un par electrónico

**Pregunta 2**

¿Qué modalidades de enlace conoces?

- Iónico, covalente, covalente inducido, dipolo-dipolo
- Covalente, iónico y fuerzas débiles
- Iónico, metálico, covalente, polar, no polar, puente de hidrógeno

**Pregunta 4:**

A lo largo de toda tu formación académica, ¿en qué momentos te han presentado este conocimiento y qué estrategia de enseñanza han utilizado?

Formación Académica:

Se tuvo contacto con el tema en:

- Estructura de la Materia, Química Inorgánica

### Pregunta 5

¿Cómo crees que este conocimiento te sea útil en tu formación profesional?

- Dependiendo el área de especialización
- En el área investigación es muy útil principalmente
- Para poder entender mejor la estructura de un material y poder modificarlo o mejorarlo

## CUESTIONARIO II

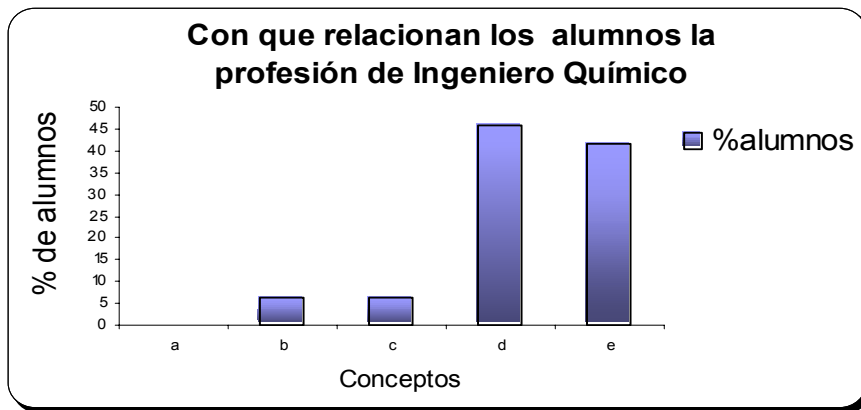
(Únicamente se aplicó a grupos de ingenieros químicos)

### Pregunta 1:

1. La profesión de ingeniero químico la relacionas con la palabra:

- a. Status
- b. Dinero
- c. Administración
- d. Tecnología
- e. Preparación

Elección	%alumnos
a	0
b	6.4
c	6.1
d	45.8
e	41.6



**Pregunta 2:**

2. ¿Cuáles son tus expectativas como profesionista?

Respuestas:

- a. innovación
- b. industria
- c. investigación
- d. amplio campo de trabajo
- e. creación de tecnología
- f. desarrollo en cualquier área
- g. tener una mejor calidad de vida
- h. diseño de maquinaria
- i. posgrado

Expectativa	%de alumnos
a	4
b	36
c	20
d	12
e	4
f	4
g	8
h	4
i	8



**Pregunta 3:**

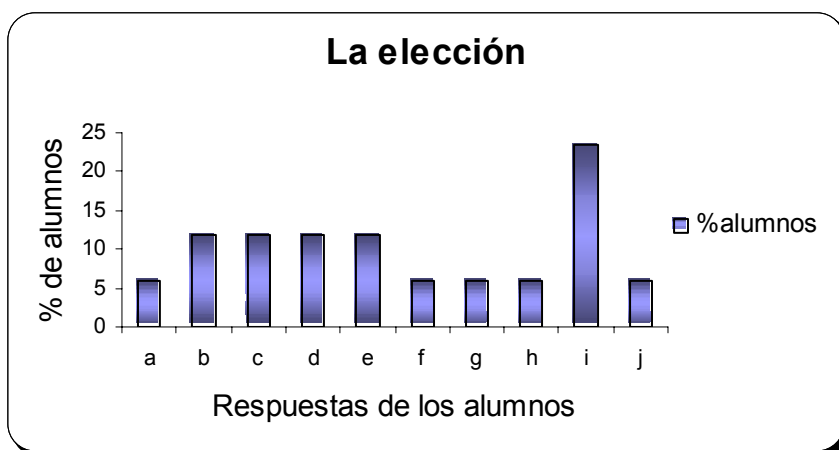
3. ¿Qué te llevó a decidirte a escoger esta carrera dentro de la Facultad y no alguna de las otras opciones?

Respuestas:

- a. Es la mejor
- b. La proyección tan amplia que tiene un ingeniero químico
- c. Me agrada la química aplicada a plantas de procesos
- d. Crear y transformar
- e. Por la calidad de enseñanza que se imparte y el perfil del egresado
- f. Por lo completo de la carrera
- g. Me gustó el plan de estudios
- h. Trabajar en una planta química
- i. El gusto por la física, las matemáticas y la química
- j. No lo sé

**Pregunta 3:**

Opciones	%de alumnos
a	4
b	36
c	20
d	12
e	4
f	4
g	8
h	4
i	4
j	4



**Preguntas 4 y 5:**



Son preguntas relacionadas con las asignaturas que están en el plan de estudios, de las cuales consideran que todo lo relacionado a las ingenierías son importantes en sus conceptos pero aquellas como relaciones humanas o materias muy teóricas no encuentran que les sean de utilidad.

### Preguntas 6 y 7:

6. ¿Qué sabes del enlace químico y qué importancia tiene dentro de tu carrera profesional?

Fue difícil encontrar una forma de reportar los resultados pero en términos generales no saben mucho del tema y lo consideran poco importante. Ubican que les aporta alguna información pero vincularla y el uso ya en la práctica profesional no les es claro. Es importante que los consideremos este punto cuando exponemos cualquiera de los temas que tenemos que enseñar dentro de un programa.

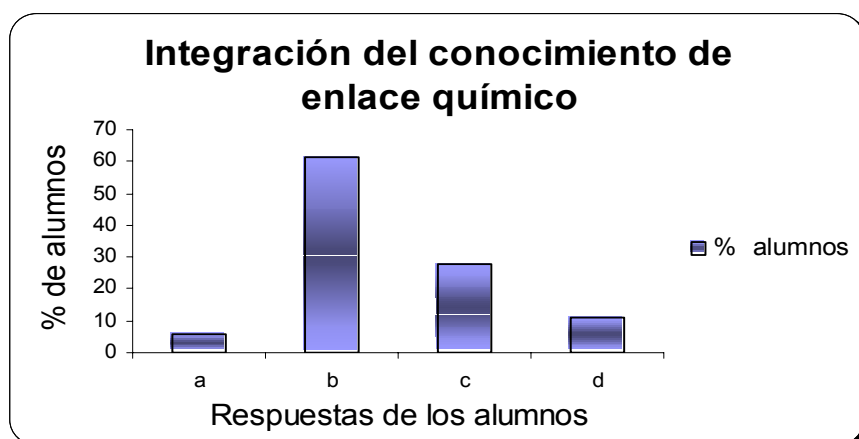
7. ¿Consideras el enlace químico y sus diferentes modalidades como una enseñanza básica dentro de tu formación y que te puede ser de utilidad en tu vida profesional? ¿Por qué?

### Respuestas:

- a. Lo básico y no puedo ver la utilidad del tema para mi profesión
- b. Proporciona información importante y ayuda en el diseño de tecnología
- c. Para entender los procesos y mejorarlos
- d. No mucho porque no tengo un entendimiento del tema de enlace químico y en las materias de ingeniería ya no se ve

Respuestas	% alumnos
a	5.1
b	62.1
c	21.7

d	11.1
---	------



**Pregunta 8:**

8. ¿Cuáles temas asimilados dentro de tu formación consideras de mayor importancia para tu desempeño profesional? Ordénalos del 1 al 6, dando el número uno al de mayor relevancia.

- a. Leyes de la Termodinámica
- b. Ley de conservación de la masa
- c. Enlace químico y Estructura de la Materia
- d. Fenómenos de Transporte
- e. Cinética Química
- f. Reacción Química

Tema	%respuestas
a	18.2
b	44.7
c	9.9
d	22.7
e	0
f	4.5



En orden de importancia aparecen según el criterio de los estudiantes los siguientes conocimientos:

Ley de Conservación de la Masa	44.7%
Fenómenos de Transporte	22.7%
Leyes de Termodinámica	18.2%
Enlace y Estructura de la Materia	9.9%
Reacción Química	4.5%
Cinética Química	0%

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Entendemos que los alumnos al ingresar a la Facultad ya cuentan con una información respecto al tema, esas ideas previas podrían proporcionar información importante para el desarrollo de estrategias educativas que se encaminen al cambio conceptual. Por lo que los resultados de esta investigación, principalmente los que provienen del primer semestre, son muy valiosos para este fin.

Es importante detectar cuáles son los conceptos con los que llega el estudiante y planear cómo acercarlos a los conceptos científicos. Al realizar esta investigación deseamos observar cómo cambia el concepto de enlace químico a lo largo de la instrucción que se recibe en esta Facultad y si con el avance en la carrera y la integración de otros conocimientos, el tema del enlace químico cobra mayor importancia, se mantiene en el mismo sitio o se diluye. Es sabido que los conocimientos que no comprendemos, no hacemos uso, o por un pobre entendimiento de los mismos, o bien, por la incapacidad de integrar dichos conocimientos a otros campos.

A partir de la definición epistemológica y ontológica de lo que un ingeniero químico es, no un operador, no un maquinador, no un administrador, entendemos que existe la necesidad de que sea desarrollada y alentada la capacidad de vincular conocimientos para así crear tecnología.

Por otro lado la función del educador, si bien no es la de la transmisión directa del conocimiento, sí es la de proporcionar todos los elementos que permitan al futuro ingeniero asimilar conocimientos y desarrollar un criterio amplio, apoyado en principios científicos.

En una primera etapa se muestreó a un grupo de primer semestre, sin previo aviso, se les aplicó el cuestionario ya habiendo casi terminado el curso. Para su tranquilidad no se pidieron nombres, únicamente indicar la carrera que pensaban estudiar. En este momento de sus estudios los alumnos están con muchas ideas vagas de lo que es la carrera pero cuentan con muchas expectativas e ilusiones respecto a ella. Creemos que los resultados obtenidos pueden variar de una generación a otra, aun de un grupo a otro, puesto que la influencia de los maestros a los que han sido expuestos es determinante.

Sabemos que el concepto mismo de la ingeniería ha ido cambiando, evolucionando y adaptándose a las necesidades del país y del mundo entero. Así vemos hoy en día que las cuestiones ambientales y económicas, determinan en mucho qué tipo de ingeniería se realiza. Sin embargo en medio de la población de ingenieros químicos sí hay algunas ideas previas muy arraigadas que les impiden la integración de conceptos de química que son

importantes en su formación. Se piensa que eso es para los químicos teóricos. De ahí que en mi opinión, la carrera no se está orientando como debiera, ya que muchas veces, es más importante el título de ingeniero o la reputación, que la preparación académica y profesional del mismo.

Los QFB's. son el grupo de profesionales que tiene mejor definida su área de desempeño laboral y aun cuando quizá algunos tengan otras inquietudes, la farmacología en bien de la humanidad les hace pensar que su labor requiere conocimientos y profesionalismo. Los QA's al igual que los QFB's manejan el concepto, conocen un poco más el área de desempeño laboral pero sí mantienen algunas ideas previas en cuanto al tema de enlace químico.

Los químicos, consideran el conocimiento como una obligación en su haber, puesto que sería incorrecto que no manejaran conocimientos fundamentales. Sin embargo no se observa que tengan una visión integradora de conocimientos para el progreso y bienestar de otros. Como que el llamarse químicos les lleva a saber la definición de enlace químico pero la aplicación de éste no es para ellos. Claro, están aún en el inicio de su formación. Hay una confusión en el conocimiento mismo del tema.

El ingeniero químico metalúrgico le ve la aplicación directa en función de los materiales que manejará, sólo como un conocimiento que le ayudará en el manejo de ellos. Pero el conocimiento mismo del tema es bastante pobre.

El ingeniero químico, a quien tratamos de darle un seguimiento desde el primer semestre, y en este trabajo subrayamos las respuestas encontradas en Química General y Química Inorgánica de aquellos que manifestaron su interés por la ingeniería química, en términos generales, no le da mucha importancia al conocimiento mismo, consideran que es algo que deben saber y que es parte de los fundamentos de la química pero no lo miran como que este conocimiento les pueda ser de mucha utilidad en lo futuro; aunque existen uno o dos casos aislados que sí lo integran. Hay un conocimiento del tema pero existe bastante confusión, las modalidades del enlace las maneja como se presentan en los libros de texto. Como mencionamos anteriormente decidimos subrayar las ideas previas y conceptos encontrados en este grupo de

estudiantes. Sería importante estudiar y continuar trabajando sobre estas ideas para buscar propuestas que promuevan el cambio conceptual.

De acuerdo a la investigación sobre cambio conceptual como un proceso a largo plazo, pudimos constatar que los grupos de primer semestre y de tercer semestre que se muestrearon posteriormente a haber recibido la instrucción sobre el tema y precisamente con maestros que están involucrados en la mecánica de detección de ideas previas y cambio conceptual, conservaron ideas muy arraigadas y sólo se detectan algunos casos aislados en donde se nota la construcción de un concepto más cercano al científico. Pero son los únicos grupos en donde aparece la palabra “modelo” en su definición del enlace químico. Detectamos que en los primeros semestres no manejan el conocimiento de las tres modalidades de enlace: iónico, covalente y metálico. Y el más desconocido es el metálico.

**La pregunta uno** del primer cuestionario nos arrojó una serie de definiciones que son un excelente material donde podemos ver reflejadas ideas previas que están arraigadas y permanecen ahí en el estudiante, aun con la exposición del tema por otros docentes, la ampliación de la información y el conocimiento a otros ámbitos. A pesar de estar ya a un nivel superior tienen grandes dificultades para definir conceptos. Su bagaje conceptual, lingüístico y científico es pobre. Palabras como: fuerza, interacción, unión, compartimiento, propiedad, teoría, son las más frecuentes y sólo encontramos cinco veces la palabra “modelo” en toda la población muestreada. Esto es que únicamente el 2.3% de esta población de estudiantes de la Facultad de Química tiene la noción de que hablamos de un modelo para explicar la forma en que se unen los diferentes átomos. Los demás conservan aún muchas ideas previas arraigadas sobre el tema.

## **CUADROS DE ALGUNAS IDEAS PREVIAS DETECTADAS**

### 1. Referente a la definición de enlace químico

IDEA PREVIA	SEMESTRE
• Interacción entre los elementos; los	PRIMERO

<p>elementos dan las diferentes formas de enlace y sus propiedades físicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teoría que explica el compartimiento de las especies químicas a partir de interacciones entre átomos, moléculas y pueden ser intramoleculares e intermoleculares.</li> <li>• Unión entre pares eléctricos de electrones, átomos y moléculas.</li> <li>• Es la transferencia o compartimiento de electrones entre los elementos completando la regla del octeto.</li> <li>• Fuerza iónica que une moléculas.</li> <li>• El matrimonio entre la materia y la energía.</li> <li>• Es la interacción que existe entre dos estados relativos de la materia que coexisten a una mínima entropía.</li> <li>• Lo que mantiene unido a los átomos, son como tipo de fuerzas.</li> <li>• Unión que se da entre átomos o moléculas mediante algún tipo de fuerza química.</li> <li>• La compartición total o parcial de un par electrónico.</li> </ul>	<p>PRIMERO</p> <p>TERCERO</p> <p>TERCERO</p> <p>QUINTO QUINTO</p> <p>SÉPTIMO</p> <p>SÉPTIMO</p> <p>OCTAVO</p> <p>OCTAVO</p>
--	---

2. Referente a la vinculación del conocimiento del enlace químico y su formación como profesional dentro del grupo de ingenieros químicos.

IDEA	SEMESTRE
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para entender cursos avanzados de Química, como Química del Estado Sólido, Orgánica, Covalente, Coordinación.</li> <li>• En todo; pedí cambio de carrera a Química en donde el enlace es de suma importancia (IQM).</li> <li>• Se usa a lo largo de toda la carrera ya que del tipo de enlace depende que algunas</li> </ul>	<p>Primero</p> <p>Tercero</p> <p>Tercero</p>

<p>enlace depende que algunas sustancias reaccionen o no.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nos ayuda a saber muchas cosas como solubilidades y propiedades de los materiales, (pero no lo tengo muy bien fundamentado).</li> <li>Si eres investigador te funciona; pero en la industria manufacturera y de transformación se necesitan criterios rápidos y prácticos.</li> <li>Dependiendo del área de especialización.</li> <li>En el área de investigación es muy útil, principalmente.</li> </ul>	<p>Quinto</p> <p>Séptimo</p> <p>Octavo</p> <p>Octavo</p>
--	--

En **la pregunta dos**, ¿Qué modalidades de enlace conoces?, las respuestas que obtuvimos nos permiten darnos cuenta que existe una gran confusión entre las fuerzas intermoleculares y las intramoleculares.

Siguen siendo las modalidades más conocidas la covalente, la iónica y prácticamente se ignora la metálica. En los ejemplos que proporcionaron, se deja ver que aún tienen la idea de que la química orgánica es la del enlace covalente y la inorgánica la del iónico. El metálico “pues se da en los metales”; observamos que no está bien definido ni claro en una gran mayoría de los alumnos.

Analizando las respuestas encontramos que aun cuando se manejan las palabras covalente, iónico y metálico no quedan claros los modelos que se explican en cada uno de los casos y de acuerdo al método de enseñanza tradicional se hace una clara división entre ellos.

El manejo de conceptos como campos magnéticos, campos eléctricos, zonas de probabilidad es difícil ya que se tiene muy arraigada la idea de partículas rígidas y diminutas, pero no se considera dentro de la lógica natural que todo el mundo subatómico se encuentre en movimiento. Que en particular el electrón alcance una velocidad cercana a la de la luz y que su carga sea de  $1.6022 \times 10^{-19} \text{ C}$  le confiere cualidades importantes, que no fácilmente se integran a la estructura cognitiva y menos se piensa en el alcance de esto.



Luego entonces traducir toda esta información y vincular los conocimientos es un proceso que no se da fácilmente ni en alumnos ni en docentes, ya que por lo abstracto de los conceptos, las ideas previas se toman de las aulas y de los textos publicados.

El carácter iónico o metálico, así como la covalencia que se pueda presentar en ciertas uniones se considera como característico y específico de uno u otro elemento y no como un caso particular de las atracciones y repulsiones que se pueden presentar en ciertos casos y que se determinan por muchos factores del entorno específico.

De hecho en ocasiones hacemos declaraciones tan determinísticas que les conferimos inteligencia y sentimientos a las partículas atómicas y subatómicas, como si ellas supieran que nosotros les hemos colocado en una tabla periódica y en un grupo específico.

En ocasiones pareciera que fuera una fotografía del mismo que pudiera tomarse y quedarse estática siempre y que además, cada vez que hablamos de algún átomo, igual debiera actuar de la misma manera para todos los casos y en todos los entornos.

Hoy en día sabemos que muchas de las clasificaciones que se hacen del enlace obedecen a una cuestión pedagógica y como un facilitador para la exposición del tema, pero no se puede hablar de una naturaleza 100% iónica, covalente o metálica porque estamos hablando de interacciones electrostáticas y de campos que se generan, que pueden ser variados por la presencia de otros átomos y cambios en el entorno.

**La pregunta tres**, que planteamos con la intención de que fuera una facilitadora de la expresión gráfica, puesto que en ocasiones el bagaje lingüístico es corto, resultó ser de poca ayuda, ya que la interpretación de los dibujos, diagramas y símbolos que dibujaron fue difícil y no se les encontró un significado lógico. Los dibujos no presentaban una buena representación de los electrones o de la localización de los mismos, en ocasiones ni siquiera coincidían con el símbolo del elemento que dibujaban.

En **la pregunta cuatro**, a lo largo de toda tu formación académica, ¿en qué momentos te han presentado este conocimiento y qué estrategia de

enseñanza han utilizado?, nuestro objetivo era hacer consciente al alumno que el tema ha sido revisado en múltiples ocasiones, y por otro lado a los docentes que las estrategias de enseñanza (si las hay) no han sido muy eficaces.

En todos los casos los alumnos reconocen haber recibido la enseñanza del tema a lo largo de toda su formación, hasta el momento en donde se encontraban resolviendo el cuestionario, particularmente citan materias como Química Inorgánica y Estructura de la Materia.

Las estrategias de enseñanza son diversas van desde las tradicionales hasta buenos esfuerzos por algunos docentes de hacer más accesible el conocimiento.

Ya que en general no mencionan mucho la modalidad de enlace metálico y al ejemplificar las modalidades tienen confusión, además de presentar dificultad para referir ejemplos, la estrategia de enseñanza que se menciona en algunos casos que fue la presentación de ejemplos no está dando resultados. No hay un buen entendimiento de los conceptos de covalencia, coordinación incluso mencionan un enlace polar exclusivo del agua.

Cabe mencionar la presencia de una persona que tiene un buen entendimiento del tema, la ubiqué dentro de un grupo de Inorgánica en donde se abordó el tema considerando ideas previas, cambio conceptual y se hizo uso de estrategias de trabajo específicas. Existe mucho trabajo por hacerse ya que estadísticamente esto no nos dice mucho y también pueden existir otros factores involucrados. Lo que si es importante destacar es la importancia de hacer consciente al estudiante de sus propias ideas previas y de llevarlos al descubrimiento de la metacognición.

**La pregunta cinco**, ¿Cómo crees que este conocimiento te sea útil en tu formación profesional?, con tristeza vemos que para pocos ingenieros químicos este tema es de interés ya que lo consideran no muy relevante, a partir de las ideas que tienen del desempeño que tendrán como profesionales.

La mayoría considera que sólo puede ser de interés para los que se dedican a la investigación o a la Química Teórica.

Al mirar los resultados de esta pregunta antes reportados podemos notar que sus respuestas van desde el completo desinterés hasta explicaciones vinculadas con conceptos como velocidad de reacción, selectividad o

conversión. Es curioso pero dependiendo del semestre y la materia que más impacto tiene en ese momento, o que les importa acreditar dan sus respuestas. Y para muchos de ellos simplemente no tiene la menor importancia en ese momento su atención está en acreditar lo que están cursando.

Por otro lado, notamos que lo relacionan mucho a las propiedades físicas de las sustancias con las que podrían trabajar en determinado momento pero no saben para qué les podría servir esa información o como relacionarla.

En términos generales se le mira al tema del enlace químico como un conocimiento abstracto, poco práctico y que les sería útil a aquellos que hacen teoría, no práctica como los ingenieros.

Como el objetivo del trabajo es reportar el papel que juega este conocimiento en el ingeniero químico y las conexiones con su desempeño profesional para así poder crear e innovar tecnologías, el desinterés en el tema y un entendimiento pobre fue el común denominador, no lo consideran una herramienta útil.

## **CUESTIONARIO II: POBLACIÓN DE INGENIEROS QUÍMICOS**

El segundo cuestionario aporta mucha información que sería motivo de estudio y más investigación, ya que nos proporciona datos muy importantes. Hemos decidido centrarnos únicamente en los datos que nos llevan a las posibles causas de la falta de integración del enlace químico a la estructura cognitiva del estudiante.

El objetivo del segundo cuestionario era detectar, además de las ideas que prevalecen en ellos a lo largo de la carrera, las razones por las que en particular este conocimiento no era integrado a sus estructuras cognitivas.

Las respuestas referentes al desempeño profesional del ingeniero en **la pregunta uno** del segundo cuestionario muestran, que el ingeniero mira su profesión como una garantía de preparación y sin embargo sus respuestas

dejan ver que a esa preparación no se le está dando importancia. Es decir se tiene la idea de que ser ingeniero químico en automático confiere la garantía de conocimiento, astucia, eficiencia y eficacia. Por otro lado se identifican con la palabra tecnología, pero al parecer no hay una cultura dentro de la Facultad de lo que es la creación de tecnología y por lo tanto el término se reduce al manejo de la tecnología ya existente por medio de manuales.

Recibí la sugerencia de un alumno que se incluyera el concepto de industria dentro de las opciones de esta pregunta. Lo cual me pareció interesante ya que es una inquietud muy frecuente en el estudiante de ingeniería química el ubicarse ya laborando en la industria y con este pensamiento no le da la importancia al tiempo en la Facultad en donde le es necesario fundamentar teóricamente su práctica profesional. Esto lo miramos más claramente con la pregunta dos.

De **la pregunta dos** podemos detectar que el alumno que se está formando en la Facultad de Química como ingeniero químico, de acuerdo a los datos obtenidos, se mira trabajando en la industria ya que un 36% contestó esto, por lo que las cosas de más interés para ellos son cosas prácticas que les ayuden al enfrentarse con el trabajo allá afuera. Hay un porcentaje del 20% que está interesado en la investigación. Los demás porcentajes están divididos en otros aspectos que podrían definir en parte el perfil del ingeniero químico.

De **la tercera pregunta** que se refiere a sus motivos personales al elegir la carrera podemos observar en las respuestas que el mayor porcentaje de estudiantes decide estudiar ingeniería química por el agrado que sienten hacia materias de ciencia como Física, Química y Matemáticas.

La realidad es que en los niveles pre-universitarios hay muy poca difusión de lo que hace un ingeniero químico, de modo que no tienen una visión clara de lo que quieren. Es aquí en la Facultad donde van formando ese criterio que dependerá del grupo al que se anexen: los teóricos o los prácticos.

**Las preguntas seis y siete** en donde se ve reflejado como vinculan o excluyen el conocimiento del enlace químico, que para nuestro objetivo nos serían las de mayor interés, muestran que un 62.1% de los alumnos consideran que nos proporciona información importante y que ayuda en el diseño de tecnología.

Esto suena bien siempre y cuando se tengan las estructuras cognitivas para vincular esa información y usarla. Y por otro lado para completar el adiestramiento del ingeniero para la creación y el diseño de tecnología, se deberá sondear a qué le llaman ellos tecnología y qué opciones existen hoy por hoy en esta Facultad para hacerlo.

**La pregunta ocho** la planteamos enlistando algunos temas que se encuentran dentro del plan de estudios del ingeniero químico como asignaturas y que van perfilando al ingeniero como tal, y tomamos otros temas que de acuerdo a mi experiencia personal, nos parecen importantes e incluso a los que les dedicamos todo nuestro esfuerzo incluyendo por supuesto nuestro tema de estudio, el cual resultó beneficiado con 9.9% de importancia dentro de las opciones a escoger. La respuesta fue la esperada, puesto que el ingeniero considera que el manejo de balances de materia y energía, o bien los fenómenos de transporte para el uso y diseño de equipo es lo que lo hace un buen ingeniero. Pudimos observar que se le resta importancia al enlace y creo que en mucho es por la falta de estrategias que vinculen el conocimiento con la formación profesional y el desempeño laboral, así mismo por la falta de entendimiento de los conceptos que se manejan, los cuales no se sabe en qué momento utilizarlos y que les proporciona información muy importante. Aunque no es parte del trabajo los resultados en cuanto al interés en los temas de reacción química y cinética química son alarmantes, entonces ¿qué es lo que el ingeniero químico está considerando que maneja en los procesos y dentro de los reactores y qué criterio usa en la toma de sus decisiones?

# **CAPÍTULO CINCO**

# RECOMENDACIÓN PARA LA ENSEÑANZA DEL ENLACE QUÍMICO.

## **TECNOLOGÍA, LA APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO.**

Nos encontramos en los comienzos del siglo XXI y podemos decir que ya el siglo pasado fue testigo de la llamada “Revolución Informática”. Nada menos que dos siglos antes la humanidad vivió los comienzos de la llamada “Revolución Industrial”, un período caracterizado por el uso de máquinas sustituyendo al músculo humano. En las últimas décadas la microelectrónica ha sido utilizada para multiplicar el poder de cálculo y de razonamiento, de donde se acuña el término de Revolución Informática.

Hoy en día es ya común que los sistemas de control estén presentes aun en las cosas más comunes, en controles de temperatura y clima, en

comunicaciones, radio, TV, en transportes, en el área de la medicina, en el desarrollo de biotecnología. En fin, el crecimiento de la microelectrónica ha revolucionado nuestra vida; la densidad de transistores, circuitos integrados y generadores eléctricos se ha constituido en un campo más para los investigadores que se encuentran financiados por empresas con intereses económicos muy serios.

Podemos decir que la base de la microelectrónica ha sido el conocimiento del silicio y sus maravillosas y útiles propiedades. Sin olvidar a los diodos de galio, arsénico, aluminio. En realidad toda esta revolución está relacionada con elementos de los grupos 13,14 y 15, así como semiconductores, materiales que combinan también a los elementos de los grupos 12 y 16 de la tabla periódica. Y es precisamente su estructura cristalina la que les brinda estas fantásticas propiedades. Por otra parte no podemos dejar de lado el impacto que los numerosos hallazgos científicos ha producido en la tecnología al hablar del fenómeno de superconductividad. Aquí el estudio del cobre, itrio, bario y las estructuras cerámicas que se forman con oxígeno ha proporcionado información muy interesante. Los avances científicos se mueven en un desarrollo de aplicaciones dentro de un marco de una carrera tecnológica internacional en la que compiten los países más desarrollados e industrializados del mundo.

Hablar de **semiconducción** y **superconducción**, no es hablar de fenómenos muy recientes ya que desde 1874 se observaba la rectificación que sucedía en una unión metal-semiconductor. Por otro lado se encontró el fenómeno de superconducción en 1911 por el físico holandés Heike Kamerlingh Onnes, cuando estudiaba el efecto de la temperatura en las propiedades de los metales.

Muchos de los hallazgos encontrados en estos dos campos se reducen al estudio de propiedades en la estructura de la materia y la forma como ésta se organiza y se une entre sí, por lo que hablar **del enlace químico** nos sitúa en un punto de partida fundamental. Son temas muy interesantes que involucran el movimiento de electrones, la formación de estructuras de red características, la presencia de iones y enlaces que muestran covalencia. Los elementos que



intervienen en los materiales utilizados son metales y no metales de modo que puede ser una herramienta muy interesante para modificar algunas de las ideas previas que detectamos a lo largo de esta investigación. Por otro lado la forma como el uso de los metales ha acelerado los progresos de la humanidad ha sido determinante, sin embargo de acuerdo a la investigación realizada, esta modalidad de enlace se encuentra poco integrada en los estudiantes.

En los superconductores se hace uso de los metales y de algunas de sus propiedades, lo interesante es que están apareciendo nuevos materiales para los que aún no hay explicación aceptada de las propiedades que se observan y aún se siguen haciendo propuestas. Sin embargo como recurso didáctico puede ayudar a la integración de las modalidades de enlace. Estos razonamientos son importantes especialmente en los estudiantes de la facultad de química, de modo que puedan ir dejando atrás su propia ciencia y los alcances de la misma y acercándose a las propuestas científicas actualizadas.

Los científicos que han estudiado estos fenómenos han declarado que son las estructuras de cristal simple, o las redes cristalinas que se forman las que hacen que estos fenómenos se puedan presentar con mayor o menor eficiencia.

## **EL CAMBIO CONCEPTUAL COMO PROCESO**

Como mencionamos en el capítulo I, el cambio conceptual es un proceso a largo plazo a través del cual las concepciones de los estudiantes se acercan a las concepciones científicas. El tema de enlace químico y sus diferentes modalidades se encuentra lleno de ideas previas que se han establecido dentro del aula de clase y se han ido reforzando a través de las diferentes fuentes de información a las que tiene acceso el estudiante. Observamos que existe una gran dificultad en definirlo y aún más en desligar la idea de la diferenciación categórica entre lo iónico, lo covalente y lo metálico. Pareciera que los elementos estuvieran comprometidos a presentar alguna modalidad de enlace

en particular, sin embargo en estos últimos tiempos se han formado compuestos que presentan un comportamiento y un enlace diferente al esperado. Los estudiantes han aprendido que los elementos de acuerdo a su ubicación en la tabla periódica pueden ser metales, no metales y metaloides, y que por lo tanto forman un cierto tipo de enlace, de modo que utilizan ese criterio para sus respuestas.

La finalidad de esta propuesta es ayudar a derribar los muros de división entre lo covalente, lo iónico y lo metálico. La superconducción y semiconducción son fenómenos en los que los elementos tienen comportamientos diferentes según las condiciones a las que se encuentren. El fenómeno de la semiconducción, que ha sido explicado de manera satisfactoria a través de la teoría de bandas, podría ilustrar el movimiento electrónico y los criterios energéticos, importantes herramientas dentro del enlace. No es el hecho de ser metal o no metal, de manera tan categórica, lo que permite que se dé este fenómeno. Por otro lado la superconducción, fenómeno para el cual se han propuesto diferentes modelos que la expliquen, y que la comunidad científica se encuentra aún trabajando en más propuestas, nos presenta la posibilidad de hablar de estructuras muy peculiares. En ellas encontramos en forma de iones algunos metales, otros no metales y un movimiento electrónico, del tipo del que describe el modelo del mar de electrones, pero que es ahora se aborda a través de un modelo que depende de una temperatura característica.

Debemos aclarar que el uso de estos temas es meramente un recurso didáctico para el cual se deben proporcionar algunos conceptos fundamentales, que todo ingeniero debe manejar. El objetivo no es un tratamiento profundo sino acercar al estudiante cada vez más a la concepción científica del enlace unificado. El planteamiento es que todo conocimiento va siendo necesario para ir desarrollando y construyendo modelos que expliquen cada vez mejor la realidad a la que nos enfrentamos, y que cada concepto que se va integrando a nuestra estructura cognitiva determina cómo construiremos nuestro edificio de conocimientos. Unos conocimientos nos van dando las herramientas necesarias para integrar otros.

Para muchos investigadores, 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. Por otro lado la dificultad en la enseñanza del enlace químico radica en el grado de profundidad con que se debe abordar en los diferentes niveles educativos. Como la química es una ciencia compleja debido, entre otras cuestiones, a la representación que hace de la materia en tres formas diferentes: la macroscópica, la microscópica y la simbólica (a través del uso de símbolos, fórmulas y ecuaciones químicas), debemos tener el cuidado necesario de ser perfectamente claros en el alcance de los modelos que utilizamos para presentar algún tema. Sabemos que existen tres niveles claros de exposición de los temas de química: el nivel molar, molecular y eléctrico. Hacer una aclaración a los estudiantes cuando cambiamos de uno a otro sería de gran utilidad. El electrón como lo conocemos ahora en su comportamiento onda-partícula, ha sido la partícula clave así que para abordarla necesariamente deberemos hablar de mecánica cuántica. La electricidad como un flujo de electrones y los materiales que por sus características estructurales facilitan o impiden el paso de ésta, nos llevan al manejo de conceptos esenciales dentro de la formación de los conocimientos que se manejan en el área de desarrollo del ingeniero químico. Dado que los fenómenos antes mencionados se producen por el flujo de electrones con la mínima resistencia y disipación de energía, entonces hablamos de propiedades características de los metales como buenos conductores que se ven afectados por las variaciones de temperatura. Así que estamos hablando de una forma de enlazarse que nos proporciona todas estas características que nos ayudarán a formar un criterio.

Para hablar de superconducción y semiconducción es importante conocer algunos de los fundamentos de la electricidad, así como hablar de la corriente eléctrica y cómo estos descubrimientos han impactado las diferentes áreas. Entendemos que el contacto con la física y estos principios elementales sucede en la formación del estudiante desde su educación media.

## **FUNDAMENTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA**

La corriente eléctrica no es más que el movimiento de cargas eléctricas debido a una diferencia de potencial. En los conductores metálicos, es el movimiento ordenado de los electrones entre dos puntos con distinto potencial que van del polo negativo al polo positivo.

En algunos semiconductores la corriente se interpreta como el movimiento de cargas positivas y en los electrolitos y gases ionizados al de iones.

La conductividad eléctrica de un material, y específicamente de un metal, es una propiedad de la materia que palpamos cotidianamente. En efecto, cuando conectamos cualquier aparato eléctrico, un radio, un tostador, la plancha o encendemos la luz, permitimos que la corriente eléctrica fluya a través de los cables que tiene el aparato. Los cables se fabrican por lo común de un metal rojizo que en realidad es una aleación con un alto contenido de cobre. Se usa cobre porque es buen conductor de la corriente eléctrica. También el oro y la plata son buenos conductores, pero demasiado costosos para utilizarlos comercialmente. Pero tomemos al cobre como ejemplo de buen conductor. ¿Cuál es la característica de este metal que le permite conducir fácilmente la corriente eléctrica? Como sabemos, la estructura de elementos metálicos como el cobre, la plata, el aluminio, etc., permite la existencia de electrones que no están firmemente ligados a los núcleos de los átomos metálicos. Estos electrones pueden visualizarse como si estuvieran brincando o inmigrando de un átomo a otro del metal.

## **SEMICONDUCCIÓN**

El transistor bipolar fue inventado en los Laboratorios Bell de USA en Diciembre de 1947 por John Bardeen, Walter Houser Brattain, y William Bradford Shockley, los cuales fueron galardonados con el Premio Nobel de Física en 1956. El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que se utiliza como amplificador o conmutador electrónico. Un semiconductor es un

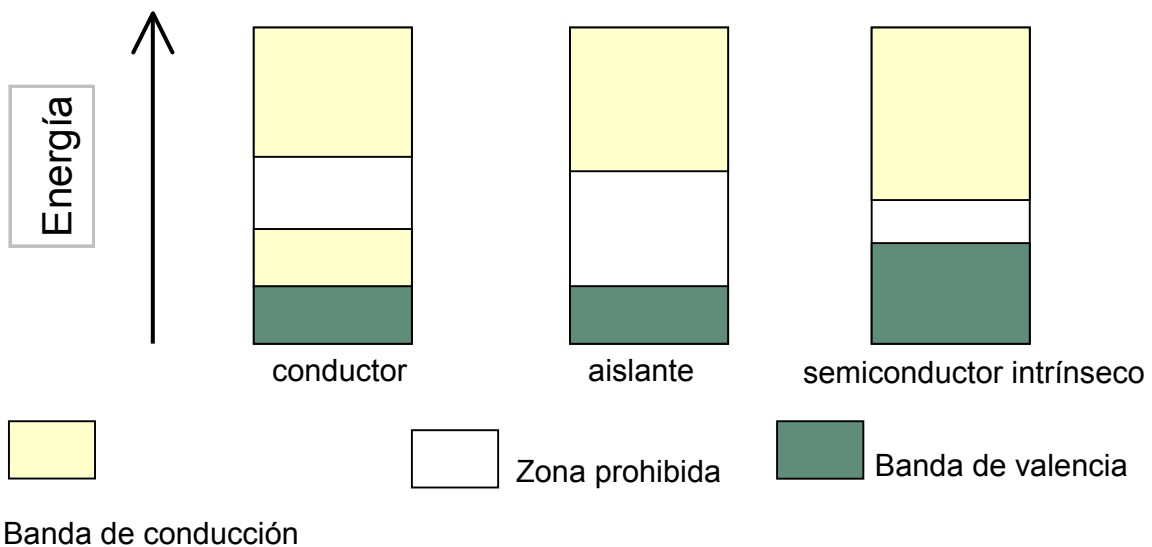
elemento que se comporta como conductor o como aislante dependiendo del campo eléctrico en el que se encuentre.

Los semiconductores se definen como materiales cuya resistividad se encuentra comprendida entre la de los aislantes ( $10^{12}$  Ohms.cm), que disminuye al incrementarse su temperatura, y la de los conductores ( $10^{-6}$  a  $10^{-5}$  Ohms.cm), que crece al aumentar la temperatura. Sin embargo esta definición se queda corta cuando hablamos de materiales conductores que pueden tener una resistividad mayor que la de los materiales semiconductores y su resistividad disminuye al aumentar la temperatura. De modo que para hacer una mejor definición debemos recurrir a los conceptos de la mecánica ondulatoria, en particular a la Teoría de Bandas (figura 6).

Cuando un trozo de metal se somete a una diferencia de potencial eléctrico los electrones que entran al metal por la terminal negativa producen un desplazamiento o corriente de los electrones no localizados, de manera que por cada carga que entra al conductor una cantidad equivalente sale por la terminal positiva. Esto produce la imagen de que existe un flujo de carga eléctrica a través del metal y eso es lo que comúnmente denominamos corriente eléctrica. Sin embargo, este desplazamiento de cargas no ocurre libremente. Los electrones no localizados encuentran obstáculos en su camino que son los propios núcleos del metal, junto con los electrones fuertemente ligados a ellos. La resistencia que oponen los núcleos al paso de los electrones no localizados se manifiesta en el hecho de que, al fluir los primeros, el metal se calienta. Si quisiéramos visualizar este fenómeno de una manera más simple, podríamos imaginar a los núcleos metálicos, mucho más masivos que los electrones, como un conjunto de obstáculos rígidos dispuestos de manera regular en el espacio. Los electrones no localizados, al ser impulsados por la diferencia de potencial externo, sufren infinidad de choques al pasar a través de ellos.

En el caso de los sólidos conductores, la conducción se da porque existe un gran número de niveles de energía vacíos en la banda de conducción (figura 9a). Existen entonces portadores de carga en gran número, y espacio

energético abundante y asequible dentro de la misma banda. En los aislantes la banda de valencia está completa, y la siguiente banda, vacía, está muy lejos (figura 9b). En los semiconductores, la diferencia energética entre la banda de valencia, llena, y la de conducción, vacía, es pequeña, por lo que algunos electrones pueden pasar de la banda de valencia a la de conducción aplicando una diferencia de potencial no muy grande.



Diagramas de bandas de niveles energéticos para tres tipos de sólidos. Algunas impurezas de otros elementos próximos en la tabla periódica al semiconductor confieren a éste una conductividad mucho más alta, silicio al germanio, por ejemplo. Si se le añaden algunas ppm de algún elemento del grupo XV, como es el As, el número de niveles dentro de las bandas no se altera por lo que los electrones en exceso (el As posee uno más que el Ge) pasan directamente a la banda de conducción; el aumento de conductividad se debe a portadores negativos de cargas; se tiene un semiconductor tipo **n** (figura 7a).

Si se dopa con Ga ocurre lo contrario, se crean vacantes (“portadores positivos” de carga) en la banda de valencia; se tiene entonces un semiconductor de tipo **p** (figura 7b).

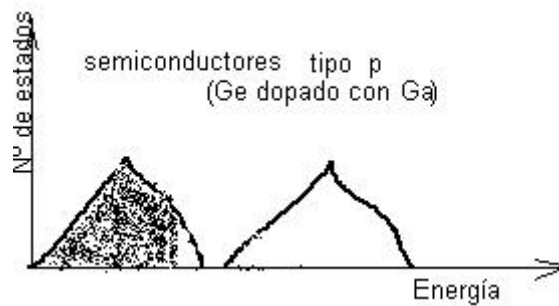
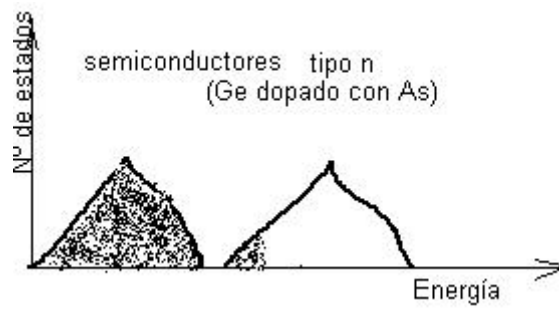
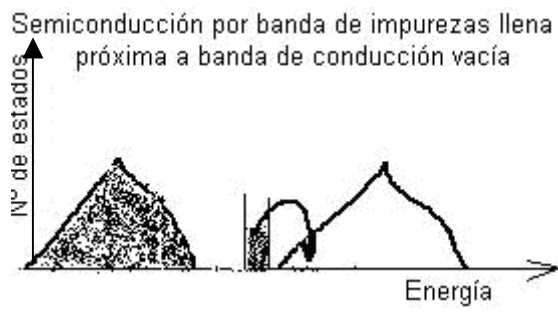


Figura 7a y 7b

Otras impurezas pueden formar sus propias bandas, y puentear las bandas de valencia y de conducción del semiconductor. Si la banda de la impureza está poblada, incluso llena, pasarán electrones a la banda de conducción del semiconductor, aumentando la conductividad del material, y si está vacía puede recibir electrones de la banda de valencia del semiconductor, aumentando igualmente la conductividad (figura 8).

No es necesario, por otro lado partir de un semiconductor, sino que las impurezas pueden dar lugar a la semiconducción de materiales en principio aislantes.



Figuras 8

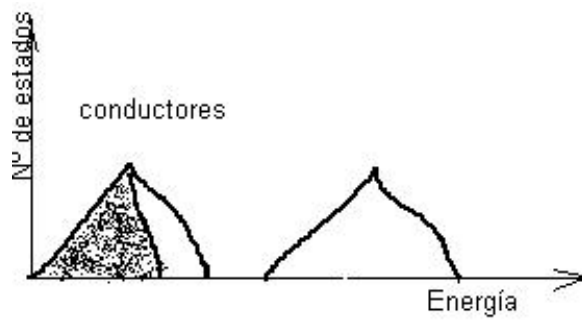


Figura 9a

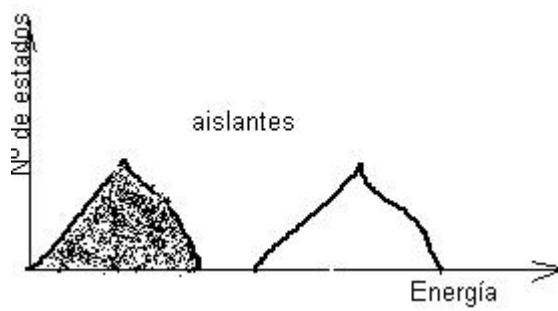
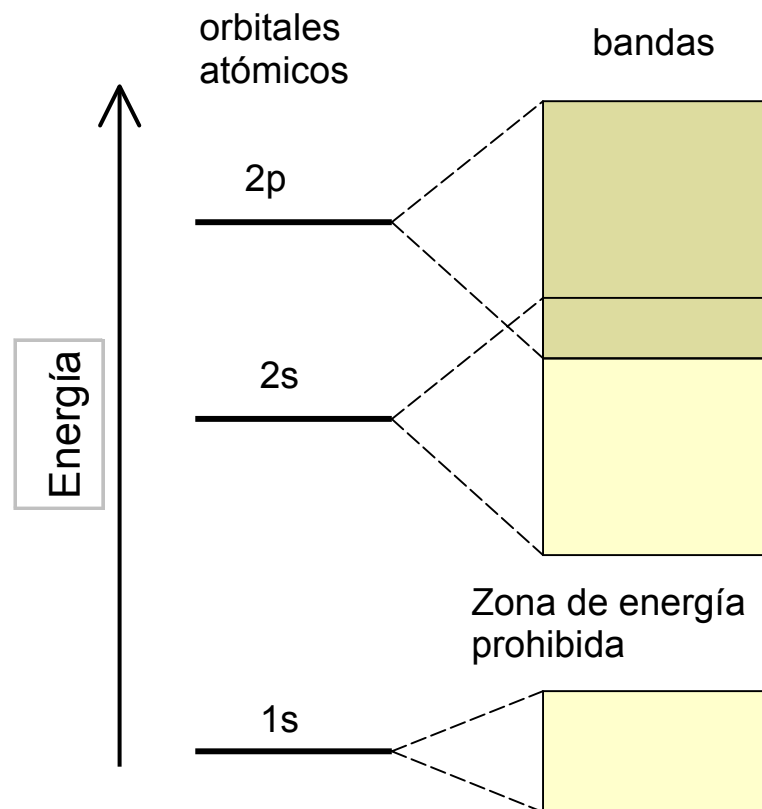


Figura 9b.



Una unión pn da lugar a un material por el que los electrones pasan fácilmente en un sentido, y difícilmente en otro. Se tiene un diodo. Una unión pnp ó npn es un transistor. La señal que se aplique al semiconductor central se obtiene amplificada a la salida. También se emplean estos transistores en la construcción de circuitos lógicos para ordenadores; su misión entonces es la de simples interruptores.

Otra forma de mostrar la teoría de bandas utilizando los orbitales atómicos se muestra en la figura 10. Este diagrama es útil porque involucra varios conceptos que nos ayudarían para vincular estos fenómenos con el enlace químico.



Traslape de las bandas 2s y 2p en litio metálico

Figura 10.

Los avances en los semiconductores son absolutamente necesarios para que podamos disfrutar de mejoras constantes en la velocidad de los chips que llenan nuestros ordenadores y nosotros creemos que a los semiconductores, y al silicio en particular le quedan bastantes años de vida. Como podemos observar la fabricación de estos materiales implica el manejo de conceptos como estructura de red y la forma en que interaccionan los electrones de un elemento con los del otro, facilitando o dificultando el fenómeno de la semiconducción.

El carácter que se presenta en dichas interacciones podría ayudarnos a mirar que no hay una clara barrera entre lo iónico, lo covalente y lo metálico.

## **SUPERCONDUCTORES**

Este tema, aunque difícil de abordar aún por la comunidad científica, nos puede ilustrar de manera interesante el enlace químico. En las estructuras de los superconductores encontramos una serie de elementos que se encuentran unidos de formas interesantes, de modo que estudiarlos un poco puede ayudarnos a dirigirnos a un concepto más unificado del enlace. La superconductividad es una propiedad que exhiben algunas sustancias, esto es un flujo “sin fricción” de electrones (figura 11). Se ha visto que esto sucede cuando se enfrían por debajo de la llamada temperatura de transición superconductora.

Desde el descubrimiento de la superconductividad en 1911, los científicos han intentado explicar el funcionamiento de los superconductores. La elaboración de una teoría que revele los misterios de la superconductividad podría permitir a los científicos desarrollar nuevos y mejores superconductores y aprender más de su comportamiento.

En 1957 tres investigadores, John Bardeen, Leon Cooper y J.R. Schrieffer, publicaron una teoría que intentaba explicar cómo funcionan los superconductores. Ganaron el Nobel por la Teoría BCS. La teoría afirma que los electrones que fluyen a través de un superconductor se agrupan en pares llamados pares de Cooper, y que estos pares electrónicos se acoplan con los fonones, o sea con las vibraciones de la malla cristalina. Este par de electrones deja una estela al moverse a través de la red cristalina haciendo un camino a través de ella. Así, evitan colisiones con otras partículas, que es la situación que ocurre con los conductores normales, ya que este obstáculo impide el flujo y aumenta la resistencia eléctrica.

Esta teoría supone que la actividad de los átomos en la estructura cristalina del superconductor es muy reducida, cuando explica cómo los electrones pueden fluir a través de la red sin interferir con otras partículas. Según esta teoría, a medida que sube la temperatura del material superconductor, aumentan las vibraciones de los átomos, que se traducen en vibraciones cada vez mayores de toda la red cristalina. Esta vibración excesiva provoca la ruptura del par de electrones, interrumpiéndose la estela del fonón, y causando la pérdida de la superconductividad. Una de las características más importantes de un superconductor es la presencia de una banda de energía prohibida a los electrones, situación semejante a la que se tiene en un semiconductor.

La presencia de esta banda hace que los electrones superconductores requieran, al menos, la energía que corresponde a la anchura de esta banda para pasar al estado normal. Conforme crece la temperatura, disminuye la energía para hacer que un electrón pase al estado normal, esto es, para que se rompa un par de Cooper. Cualquier teoría que explique la superconductividad tendrá que predecir la variación de esta banda correctamente. Los resultados experimentales para los superconductores convencionales (no para los nuevos superconductores cerámicos de alta temperatura crítica) se apegan muy bien a las predicciones de la teoría BCS (teoría de Bardeen, Cooper y Schrieffer). Para los nuevos materiales cerámicos aún hay mucha controversia sobre la

manera en que esta banda cambia con la temperatura, mas hay indicaciones de que la variación de esta banda con la temperatura se parece mucho a la predicción que se hace con la teoría BCS, pero todavía se requieren más verificaciones.

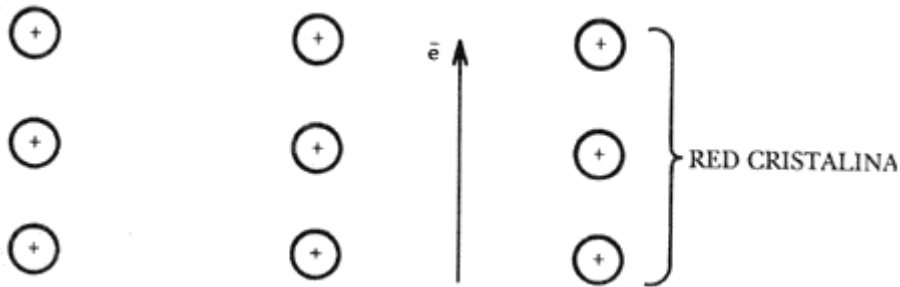


Figura 11.

En los materiales superconductores convencionales, la red cristalina de iones desempeña un papel importantísimo en la aparición de la superconductividad. Puede demostrarse que cuando existe una fuerza efectiva de atracción entre dos electrones, pertenecientes a un metal, estos electrones quedan ligados entre sí, sin importar la intensidad de la fuerza. A la pareja de electrones ligados entre sí se les conoce como par de Cooper. Actualmente es muy claro que para los superconductores convencionales el origen de la fuerza de atracción es la interacción electrón-electrón mediada por la red cristalina. A esta interacción se le conoce comúnmente como de electrón-fonón-electrón.

Para los nuevos superconductores cerámicos se tiene ya muy claro que existen los pares de Cooper. Sin embargo, aún no es claro el mecanismo o mecanismos que llevan a su formación. Hay evidencias de que la red cristalina interviene en la formación de los pares de Cooper, pero no como el único mecanismo.

Por debajo de una temperatura crítica característica ( $T_c$ )<sup>7</sup>, dependiente de la naturaleza y estructura del material, los superconductores exhiben resistencia cero al flujo de electricidad y pueden expulsar el flujo magnético de su interior, dando lugar al fenómeno de levitación magnética. A esta propiedad se le llama

<sup>7</sup> Temperatura por debajo de la cual una sustancia exhibe superconductividad.

Efecto Meissner. El primer superconductor, mercurio, descubierto en 1911 por G. Holst y K. Onnes, sólo lo era a temperaturas inferiores a 4.2 K (-268 °C) y a principios de 1986 el récord de temperatura crítica estaba en 23 K correspondiente al compuesto Nb<sub>3</sub>Ga.

La tasa de crecimiento dentro de la investigación de materiales había sido de 0.3 grados por año y los superconductores a temperatura ambiente parecían inalcanzables. A finales de 1986 la comunidad científica internacional fue sorprendida cuando J. G. Bednorz y K. A. Müller, del centro de investigaciones de la IBM en Zurich, observaron una T<sub>c</sub> ~ 35 K en el compuesto de óxido de Cobre, Bario y Lantano (BaLaCuO) sintetizado con anterioridad (1983) por el grupo de B. Raveau y C. Michel en Francia. La euforia desatada por este descubrimiento condujo a que poco tiempo después, se descubriera que la T<sub>c</sub> podía seguir subiendo lo que llevó a la síntesis de nuevos materiales superconductores, con T<sub>c</sub> por encima del punto de ebullición del nitrógeno líquido (~77 K = -196 °C).

Veinte años después, cuando la euforia inicial ha cedido y las noticias de éxitos sensacionalistas se han vuelto escasas, muchas ideas novedosas relativas a las características de los nuevos cupratos superconductores se han decantado elevando significativamente el nivel del conocimiento, y a pesar de las dificultades anotadas anteriormente estos cupratos se utilizan ya en la microelectrónica, por ejemplo como sensores de campo magnético (SQUID: interferómetro cuántico superconductor), filtros, resonadores etc.

Todos estos nuevos superconductores a base de cobre, pertenecen a la familia de las perovskitas, es decir, están formados por cristales constituidos por el apilamiento en todas las direcciones del espacio, de octaedros que contienen en su centro un ion metálico, ion cobre, con iones de óxido en los vértices y otro ion metálico ocupando los espacios entre los octaedros (figura 12a y b).

Actualmente, la mayor parte de las aplicaciones de los superconductores a la industria utilizan su capacidad de conducir corriente sin resistencia. Para que un superconductor sea práctico, debe ser resistente, de gran fiabilidad y

fácilmente maleable. Las aleaciones dúctiles comparten con los conductores la ventaja de que son fáciles de darles la forma de hilos y cables, y de que son relativamente maleables.

Los compuestos intermetálicos son mucho más rígidos y aunque se les puede dar formas en el proceso de fabricación, no son flexibles. Las aleaciones dúctiles superconductoras son compuestos de niobio y titanio. Los compuestos intermetálicos se sintetizan con vanadio y galio.

Los superconductores comerciales se suelen fabricar en forma de hilos, de manera que se puedan hacer bobinados para construir generadores, motores y electroimanes. Estos materiales tienen temperaturas críticas del orden de 10°K. Pueden generar campos magnéticos muy potentes y tienen densidades de corriente próximas a los 2000 amperios por milímetro cuadrado. Estos compuestos comerciales de niobio-titanio o vanadio-galio cubren la mayor parte de las aplicaciones actuales de la superconductividad.

### ESTRUCTURA DE UNA PEROVSKITA

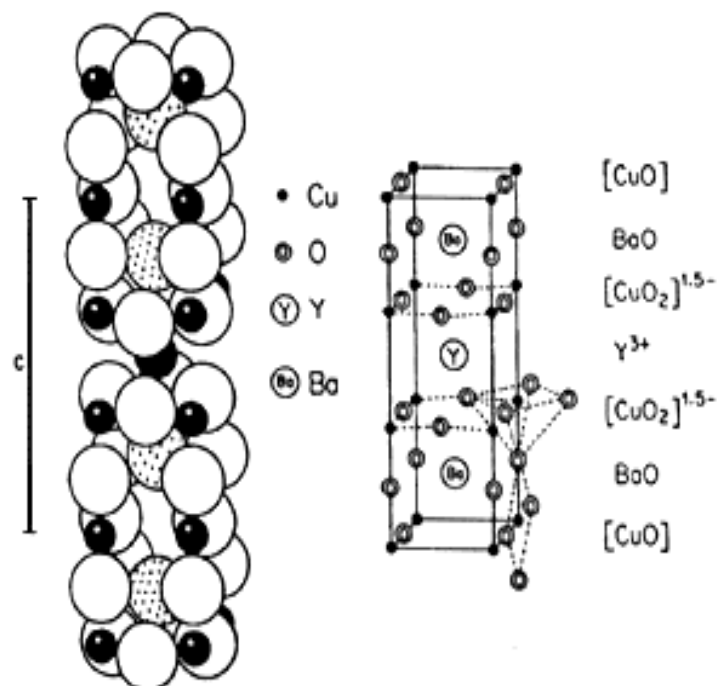


Figura 12a.

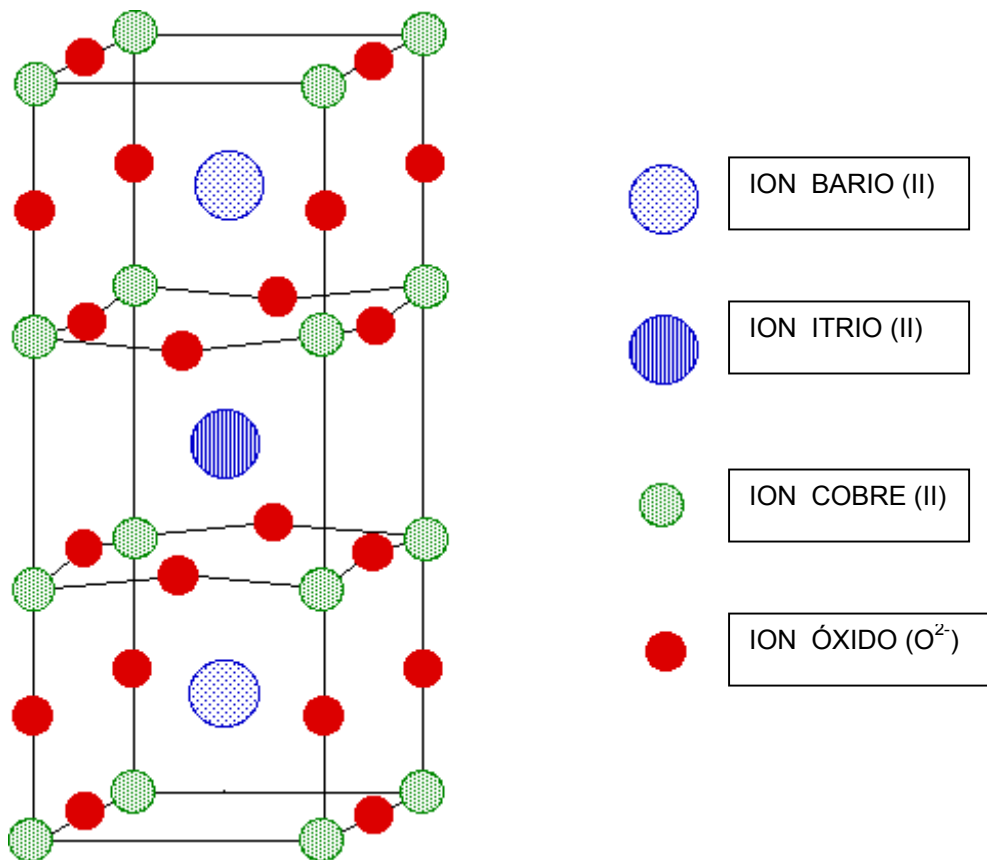


Figura 12b

## HACIA UNA TEORÍA DEL ENLACE UNIFICADO

Como se menciona al inicio de esta tesis, las ideas previas fuertemente arraigadas no sólo en los alumnos sino en los maestros, y más aún reforzadas con libros de texto que manejan teorías antiguas de fuerte arraigo pero sin integrar los conocimientos y aportaciones más recientes hacen difícil, por un lado la enseñanza del enlace químico y por otro lado la utilidad y trascendencia de éste en todo cuanto nos rodea.

En términos de utilidad, muchos maestros siguen haciendo las clasificaciones antes definidas y muchos libros de texto aún con revisiones recientes lo

ratifican. Sabemos que no es una labor sencilla puesto que no existe en el ser humano un dispositivo que funcione desechando totalmente un conocimiento e integrando otro en su totalidad. Somos seres complejos que desarrollamos situaciones de arraigo que nos proporcionan seguridad o que nos dan explicaciones a situaciones particulares con las que nos sentimos bien.

Puede ser ya porque alguna persona de mucha autoridad en la materia lo menciona o bien porque hemos sido formados dentro del proceso de aprendizaje frontal: emisor- receptor, que pensamos, no sólo en cuanto a enlace químico, que esa es una generalidad y es aplicable a todos los casos.

Es necesario encontrar formas accesibles a los estudiantes para integrar la mecánica cuántica al tema del enlace químico. Hemos querido rodear la definición del enlace químico abordada desde el punto de vista cuántico, como la solución a una serie de ecuaciones diferenciales no sencillas, proponiendo en su lugar conceptos que definan lo que no es ontológicamente tan fácil de definir.

La capacidad de un individuo para conectar los conceptos, los fenómenos y las aplicaciones tecnológicas es un área en la que se tiene que trabajar y hacer énfasis, de modo que un panorama de la tecnología moderna en la enseñanza puede hacer que los maestros enseñen a los estudiantes cómo encajan los diferentes conceptos que se han aprendido.

Los materiales que se encuentran en un estado condensado sólido se han constituido como algo de gran interés, y cuando las cosas son de importancia económica es menester que se les de atención.

Los materiales poseen además una estructura ordenada o un arreglo atómico de red cristalina y se ha encontrado que la estructura cristalina le proporciona a estos materiales propiedades importantes como barreras de potencial particulares que son de mucha utilidad especialmente hablando en el campo de



los semiconductores. Muy comúnmente se les nombra como compuestos coordinados tetraédricamente que cristalizan con estructura de diamante<sup>8</sup>.

Estos materiales poseen simetrías rotacionales y traslacionales, el Si y Ge poseen estructura de diamante por otro lado cuando en la base hay dos átomos diferentes como en GaAs la estructura difiere, aunque le confiere algunas ventajas para la movilización de electrones. El modelo que nos explica la distribución de electrones en estos materiales es el covalente, sin embargo el fenómeno de la conducción se da gracias al carácter metálico de los elementos que se involucran. Ya que la movilidad electrónica se ve favorecida por la facilidad que tengan los electrones para sortear obstáculos a través de la red, cualquier defecto de red lo disminuye, pero algunos dopajes con materiales que tengan electrones lo favorecen. Este párrafo integra ya en sí mismo la utilización de varios conceptos que pueden dirigirse bajo un contexto integrador del enlace. De este modo podemos promover en el estudiante razonamientos que lo acerquen al cambio conceptual.

Es importante mencionar que trabajos como el de García-Franco y Garritz (2006) nos proporcionan el fundamento científico necesario para poder dar una plataforma sólida en el tema. Esta revisión presenta puntos muy importantes que se deben enseñar y examinar en las aulas de clase y que son fruto de mucho trabajo de investigación con estudiantes. De esta forma sin duda nos acercaremos cada vez más a llevar al estudiante de sus conceptos propios a los conceptos científicos y además de que el trabajo en sí ya es una contribución que nos acerca hacia la definición del enlace químico unificado.

## **RECOMENDACIÓN PEDAGÓGICA**

---

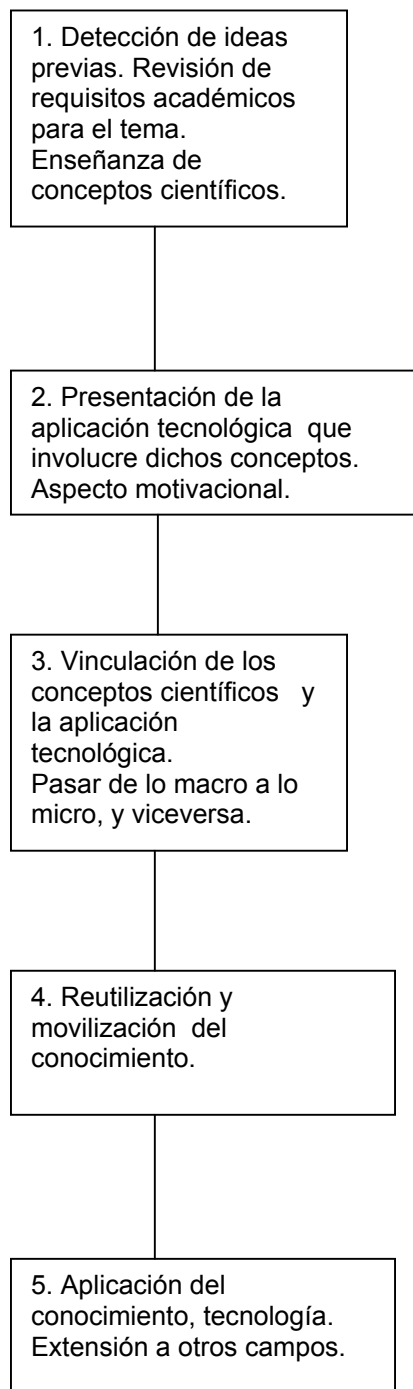
<sup>8</sup> Se le denomina coordinación tetraédrica cuando un átomo tiene cuatro vecinos cercanos localizados en el vértice de un tetraedro regular con el átomo de referencia en el centro del tetraedro.

Consideramos de suma importancia antes de que se enseñe un tema que se le dé un espacio para la detección de las ideas previas existentes en los alumnos. Para ello podemos hacer uso de cuestionarios, mesas redondas, sondeo a través de preguntas y respuestas. Se sugiere se haga dentro de un marco de confianza, orientando en el sentido de que todo esto puede ayudarnos a formar los conceptos que necesitamos manejar más adelante. De la misma manera es de suma importancia que el docente haga una revisión de los requisitos académicos para el tema a tratar. Revisando el vocabulario a utilizar, las definiciones, las herramientas matemáticas, las conexiones que tienen con otros dominios o temas.

En este trabajo mencionamos la publicación de García-Franco y Garritz (2006), como una fuente confiable de conceptos científicos de donde podemos partir para enseñar el tema de enlace químico unificado. El uso de los temas de semiconducción, superconducción y sus aplicaciones tecnológicas las consideramos como un aspecto motivacional importante que puede crear conexiones importantes dentro de la estructura cognitiva del estudiante. Al hacer uso de los conceptos, es importante enseñar al estudiante a extenderlos a otros campos. Ubicarlos dentro del nivel en que nos estamos moviendo con los modelos que estamos utilizando es muy importante. La presentación de problemas que tengan soluciones haciendo uso de lo enseñado, lleva al estudiante a hacer una revisión, una reutilización y una movilización de los conocimientos.

En el caso particular del ingeniero es interesante hacer un espacio en donde pueda expresar su creatividad. Aplicar ese conocimiento alentar la inventiva. Finalmente es importante hacer una evaluación planeada que nos refleje los avances en el tema y que nos permita encontrar concepciones alternativas persistentes.

## **RECOMENDACIÓN DIDÁCTICA** **DIAGRAMA DE BLOQUES :**



6. Evaluación y detección de ideas previas persistentes.

# **CAPITULO VI**

## **REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONES**

## REFLEXIONES FINALES

Ya que según muchos investigadores el aprendizaje se da como producto de una serie de factores que se conjugan, considero de gran importancia el puntualizar por un lado la enseñanza de los conceptos científicos, la utilización de modelos, su alcance y la aplicación de estos conocimientos en fenómenos de manejo cotidiano. Se debe considerar el factor motivacional y actitudinal dentro del proceso enseñanza-aprendizaje. Hacer del conocimiento algo interesante y divertido. Esta vinculación que se puede escribir en unas cuantas líneas, no es tan sencilla ni a corto plazo, pero es necesario comenzar a desarrollar estrategias efectivas.

La detección de ideas previas es muy importante, así como proporcionar información científica actualizada a maestros y estudiantes con la que se pueda reestructurar sus conocimientos y así construir los puentes necesarios para pasar de una categoría ontológica a otra y de un dominio a otro.

De acuerdo a mi consideración personal es la Facultad de Química- la institución más importante que forma profesionales en el área de la química,- y por el gran honor que tenemos de que un ingeniero químico haya sido galardonado con el máximo reconocimiento, un premio Nobel, es menester que tomemos con seriedad la responsabilidad de la formación de profesionales que sean cada vez más competitivos y sean gente que transforma su entorno. Sabemos que se ha hecho una buena labor por los resultados antes mencionados, sin embargo no podemos quedarnos con estrategias del pasado que produjeron resultados en un tiempo pero que hoy con el gran avance que existe en investigación educativa, filosofía de la ciencia y enfoque CTS+I

(Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación) exigen una renovación en el área de la docencia. Me permito sugerir que les sean presentados a todos los responsables de la docencia en esta institución las más recientes formas de enseñanza y las estrategias que les acerquen al momento histórico-social que hoy se vive. Ya existen buenos esfuerzos a nivel nacional, sin embargo dentro de la Facultad se necesita más difusión.

Los temas que presento de superconducción y semiconducción, son tan sólo un recurso para despertar el interés en los estudiantes y un ejemplo de que es posible vincular los conocimientos científicos con temas novedosos y útiles. Estoy segura de que existen personas mucho más preparadas que pueden hacer un trabajo más detallado y extenderlo a muchas otras áreas. Si bien el conocimiento por el conocimiento mismo es fascinante, no todas las personas lo encuentran así, ya que existen diferentes estilos de aprendices: los teóricos, los prácticos, los reflexivos, entre otros y cada estilo de aprender conlleva a un estilo de aportar algo a nuestra sociedad. Hoy es ya un hecho de que existen investigaciones y proyectos serios que hablan del aprendizaje acelerado y las inteligencias múltiples.

En la medida en que la ciencia y la tecnología han venido avanzando después de la Segunda Guerra Mundial, la información y el crecimiento empezaron a cobrar una velocidad exponencial tal, que los sistemas educativos empezaron a mostrar incapacidad en la velocidad, en la variedad, en la multiplicidad y diversidad. Es por eso que en los últimos años, un gran número de programas de inteligencias múltiples se han impartido en todo el mundo, tanto en las formas de enseñanza como de aprendizaje, en todo tipo de disciplinas, ciencias, deportes, arte, entre muchas.

Educar deberá involucrar por un lado el desarrollo potencial del cerebro, así como el incremento de la autoestima llevando a los sujetos a una proyección hacia el futuro en donde se requerirá por fuerza una humildad para aprender, reconociendo que no lo sabemos todo sino que aún tenemos mucho por aprender.

Los seres humanos contamos con capacidades de pensar e imaginar, de hacer y arriesgar, de ganar y lograr y finalmente de trascender. Así que sabiendo esto deberíamos usar toda esta información para crear estrategias que lleven a una enseñanza más efectiva. La reutilización de los conocimientos, la utilidad de los mismos en la creación de tecnología y ciencia son motivadores del aprendizaje.

En una publicación reciente nuestro rector el Dr. Juan Ramón De la Fuente (Excelsior julio 2005), nos refiere datos alarmantes en el área de ciencia y tecnología, esto es que sólo el 0.4% del producto interno bruto es asignado para la investigación y el desarrollo de estas áreas, sabiendo que en países desarrollados éste es del 6% o mayor. Son datos como estos, los que nos invitan a hacer algo urgente en beneficio del avance científico y tecnológico en nuestra nación.

Considero necesaria la creación de espacios donde se invite a los estudiantes a hacer propuestas y a resolver inquietudes así como programas donde se estén promoviendo estas capacidades. Es necesaria una vinculación seria con los esfuerzos nacionales que se están haciendo en el enfoque CTS +I.

Mi propuesta de enseñanza radica en que cada vez que presentemos un conocimiento antecediendo la utilidad y reutilización del mismo, aumenta la probabilidad de que el interés del aprendiz se centre en éste.

Cuanto más enseñemos la forma en que los conocimientos han sido utilizados para la creación de tecnología y de accesorios de uso diario con los que el aprendiz tiene contacto, podremos elaborar planes de trabajo y estrategias de estudio que nos acorten la distancia entre el docente y el alumno, y esto le permitirá al docente revisar las estructuras cognitivas existentes en cuanto a los temas que ha de presentar.

Comunicar los resultados del quehacer científico y tecnológico, capacitar y actualizar a los docentes, evaluar continuamente los resultados que se obtienen en el aula deberán ser las actividades cotidianas de la cultura del saber. Es importante no olvidar que el ser humano está inmerso en procesos tecnológicos y sociales que tienen que ver con procesos científicos pero que

deben ser expuestos a ellos de tal forma que los integren a su vida cotidiana y se rompa ese abismo entre la ciencia y la vida cotidiana. Ya que existen universitarios, que a pesar de años de instrucción formal, aún enfrentan estos procesos a través de concepciones personales totalmente lejanas de las científicas. La creación de conexiones efectivas entre la ciencia y la vida diaria puede producir un beneficio en el proceso enseñanza-aprendizaje. Si interconectamos lo aprendido en el aula con lo que está fuera de ésta, despertaremos la creatividad de estudiantes que producirán ciencia y tecnología como consecuencia de la instrucción que han recibido.

Hoy en día sabemos que el aprendizaje significativo se produce cuando el nuevo conocimiento es relacionado por el que aprende con otros conceptos relevantes dentro de su propia estructura cognitiva.

## **CONCLUSIONES**

En la revisión de diversos modelos de cambio conceptual que se realizó se encontró que todos los autores ven el cambio conceptual como un proceso a largo plazo. Asimismo, la mayoría de los autores citados coinciden en la existencia de dos fases: la asimilación y la acomodación. La asimilación es un cambio superficial en donde el estudiante utiliza sus conceptos existentes para trabajar con nuevos fenómenos. La acomodación, es el cambio profundo, ya que en éste el estudiante debe reemplazar o reorganizar sus conceptos centrales. De acuerdo con la revisión realizada se sabe que existen cuatro condiciones necesarias para que se dé el cambio profundo: la insatisfacción, la inteligibilidad, la verosimilitud y el provecho.

El estudio de las distintas corrientes de cambio conceptual nos lleva a considerar que es necesario que el alumno de la Facultad de Química reciba a lo largo de su formación un reforzamiento en el tema del enlace químico, que lo lleve a integrar el concepto de que sólo existe un tipo de enlace, que se presenta en diferentes modalidades de acuerdo a las condiciones del proceso o



del sistema a tratar. Es importante la presentación de todas las modalidades a las que puede enfrentarse y la vinculación de estos temas con su profesión.

Las ideas previas del ingeniero químico que prevalecen a lo largo de su formación profesional se ven reforzadas muchas veces por docentes que le restan importancia al tema del enlace químico. Éstas van desde la definición del concepto mismo, hasta la aplicación del modelo que explica las diferentes propiedades que se observan.

Por otro lado, puede decirse que los estudiantes no perciben el alcance de la información que podemos obtener del conocimiento del enlace y menos la utilidad de la misma.

Sabemos que los modelos científicos simulan un aspecto de la realidad; son creaciones del hombre que le ayudan a interrogar y comprender mejor su entorno. Por lo que es necesario que el maestro haga explicaciones claras cuando está hablando de modelos, cuando está haciendo uso de herramientas (analogías) con fines pedagógicos y cuando existen fenómenos que se abordan a través de diversos modelos.

Ya que las ideas previas existentes permanecen aún a pesar de la instrucción, el desarrollo de estrategias que trabajen en ellas es importante.

Hoy más que nunca se ha observado que hay un vínculo importante entre lo cognitivo y lo emocional, así que la motivación dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje es un aspecto a considerar.

Creemos que despertar el interés por aprender a través de temas de actualidad, que involucren los conceptos a enseñar puede ser de gran ayuda.

Se propusieron los temas de semiconducción y superconducción como una forma interesante de hacerlo, ya que la tecnología actual relacionada es hoy ampliamente utilizada y ambos temas aún ocupan un lugar dentro de la investigación y desarrollo de nuevos materiales.

El enlace metálico es abordado muy superficialmente y puesto que entre los propósitos del trabajo está el plantear una recomendación didáctica que emplee la enseñanza del enlace unificado y la enseñanza de éste a través de tecnología que sea de interés para los ingenieros químicos, en el capítulo V enfatizamos cómo en la enseñanza del enlace químico no se puede hablar categóricamente de una frontera que delimite en donde empieza una modalidad de enlace o la otra.

El manejo pobre de información para abordar un tema nace, en muchas ocasiones, de la falta de entendimiento de los fenómenos que lo involucran.

El entendimiento correcto de los fenómenos podrá facilitar el establecimiento de los conceptos en los estudiantes así como el desarrollo de la capacidad para vincularlos y utilizarlos como herramientas futuras en su desempeño profesional. Consideramos importante que los maestros hagan una revisión constante de dichos conceptos.

Al muestrear grupos que han estado en contacto con docentes que ya están trabajando en la corriente educativa moderna y que utilizan enseñanzas y estrategias que promuevan el cambio conceptual, aunque algunas ideas son resistentes y persisten, sí se observan ciertos avances.

De acuerdo a la investigación realizada pudimos observar que dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje es algo deficiente el manejo de estrategias que lleven al establecimiento de los conocimientos fundamentales, para que se cumplan los objetivos específicos de la enseñanza.

Podemos decir que los objetivos de este trabajo se alcanzaron al reportar el estado actual de los conocimientos de la población de la Facultad de Química muestreada y presentar algunas ideas previas detectadas.

Esta información puede servir para el desarrollo de estrategias de enseñanza que ayuden al establecimiento de los conceptos científicos; es decir, que promuevan el cambio conceptual.

En el aspecto motivacional se hace una recomendación para la enseñanza, que pudiera extenderse a otros dominios.

Respecto a la preocupación que existe en la formación del ingeniero químico, con el perfil idóneo, aunque es responsabilidad de un gran número de formadores, a través de este trabajo, contribuimos con información que puede ser de utilidad.

Como decía Einstein:

*“El conjunto de la ciencia no es más que una mejora del pensamiento de cada día”*

# REFERENCIAS

## REFERENCIAS

- Arkeland, D. R. (1987). *La Ciencia e Ingeniería de los materiales* Universidad de Missouri. México: Grupo Editorial Iberoamericano.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*. 15(3). 210 – 217.
- Bello, S. y Valdez, S. (2003). Las ideas previas en la enseñanza y aprendizaje de la Química. Taller T-20 realizado en las III Jornadas Internacionales y VI Nacionales de Enseñanza Universitaria de la Química, La Plata, Argentina.
- Briones, G. (1998). *Métodos y Técnicas de Investigación para las Ciencias Sociales*. México: Trillas.
- Brown, T. L. & LeMay, H. E. Jr. (2004). *Química. La ciencia central*. 9ª Edición, México: Pearson Educación.
- Bybee, R.W. & Sund, R.B. (1982). *Piaget for Educators* (2nd Ed). Columbus, OH: Charles Merrill.
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*. 17(2). 179 – 192.
- Caravita, S. y Halldén, O. (1994). Reframing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*. 4. 89 – 111.
- Carey, S. (1991). Knowledge Acquisition: Enrichment or conceptual change? En S. Carey y R Gelman (eds.), *The Epigenesis of Mind*. Essays on Biology and Cognition. Hillsdale, NJ: LEA.
- Casabó, I Gispert (1999). *Estructura Atómica y Enlace Químico* Editorial Reverté.
- Chang, R. (1992). *Química*. México. McGraw-Hill.

- Choppin, G., Jaffe, B. y Summerlin, L. (1985). Química. México. Publicaciones Cultural, S. A. de C. V.
- Cruz-Garriz D., Chamizo, J.A. y Garriz, A. (1987). Estructura atómica. Un enfoque químico. Addison-Wesley Iberoamericana. México.
- Delval, J. (1983). Crecer y pensar. La construcción del conocimiento en la escuela. Cuadernos de Pedagogía. Editorial Laia. Barcelona.
- Devoré, G. y Muñoz, E. (1975). Química Orgánica. México. Publicaciones Cultural, S. A. de C. V.
- Diccionario de las Ciencias de la Educación (2003). 2ª edición. México: Del Valle.
- DiSessa, A. y Sherin, B. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*. 20(10). 1155 – 1191.
- Duit, R. (1994). Conceptual Change Approaches in Science Education. Ponencia presentada en el "Symposium on Conceptual Change". Friedrich.Schiller- University of Jena. Alemania, Septiembre. (tomado de Rodríguez- Moneo, *op. cit.* (1999)).
- Duit, R. (2003) Conceptual Change. A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Flavell, J.H. (1977). Cognitive Development. Englewood, NJ: Prentice-Hall. Traducción al español, *Desarrollo Cognitivo*, Madrid: Visor, 1984.
- Flores, F. (2004). El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas. *Educación Química*. 15 (3). 256 - 268. Fondo Educativo Interamericano. México, p.144-170
- Galagovsky, L. R. (1993). Redes conceptuales: base teórica e implicaciones para el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 11 (3), 301 – 307.
- García Franco, A. y Garriz Ruiz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias, en prensa*, 24(1)..
- García, Cruz Arturo (2004). El curso de las ideas previas en el aprendizaje del enlace químico a nivel licenciatura. Tesis de licenciatura. Facultad de Química, UNAM.

- Garritz, A. y Chamizo, J.A. (2001), *Tú y la Química*. México: Prentice Hall, Pearson Educación .
- Garritz, A. (2001) Veinte años de la teoría del cambio conceptual, *Educación Química* 12(3), 123-126.
- Gillespie, R. J. (1996). Bonding without orbitals. *Education in Chemistry*. 33. 103 – 106.
- Hashweh, M.Z. (1986). Toward an explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8, 229-249.
- Hatano, G. (1988). Social and motivacional bases for mathematical understanding. En G.B. Saxe y M. Gearhart (eds.), *Children's Mathematics*. San Francisco: Jossey-Bass. ( tomado del libro de Rodríguez-Moneo, *op.cit.* (1999)).
- Hawkes, S.J. (1992). Arrhenius confuses students, *Journal of Chemical Education*, 69(7) 542-543.
- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de Química*. México: Santillana - UNAM.
- Leach, J & Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views of learning in science education. *Science & Education*, 12, 91-113.
- Livage, J. (1981). El enlace químico. *Mundo científico*. 1(1). 54 – 63.
- Logan, S. R. (2001). The role of Lewis structures in teaching covalent bonding. *Journal of Chemical Education*. 78(11). 1457 – 1458.
- Madigan, Michael, John Martinko y Jack Parker (2003). *Biología de los microorganismos*. España: Pearson Prentice Hall.
- Mahan, B.H. and Mayers (2001). *Chemical Principles*. Zumdahl and University Chemistry.
- Moreira, M. A. (1999). *Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias*. Texto de apoyo No. 6. La teoría del aprendizaje significativo. Burgos.
- Mortimer, E.F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4, 267-285.

- Mulford, D. R. & Robinson, W. R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first semester General Chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 739-744.
- Nussbaum, J. y Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy", *Instructional Science*. 11, 183-200.
- Pauling, L. (1939). *The Nature of the Chemical Bond*. New York: Cornell University Press
- Petrucci, R. H. (1977). Química General.
- Petrucci/Harwood/Herring (2005). *General Chemistry, Principles and Modern Applications*. Prentice Hall. 8th. Edition.
- Pintrich, P. R. y Schrauben, B. (1992). Student's Motivational Beliefs and their Cognitive Engagement in Classroom Academic Task. En D.H. Schunk y J.L. Meece (eds.), *Student Perceptions in the Classroom*. Hillsdale, NJ: LEA (tomado de Rodríguez-Moneo, *op. cit.* (1999))
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. y Gertzog, W. A., (1982). Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66. 211- 227.
- Rodríguez – Moneo, M. (1999). *Conocimiento previo y cambio conceptual*. Buenos Aires – Madrid: AIQUE.
- Rodríguez – Moneo, M. y Aparicio J. (2004). Los estudios sobre el cambio conceptual y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*. México. 15. 270 -280.
- Rodríguez, L. La Ingeniería Química en la transición económica del mundo y de México. *Educación Química*. 16(3).437-449.
- Romero, L. (2005). Buscan superconductores a temperatura ambiente. *Gaceta UNAM*. 3806. 12 - 13.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher* . 15 (2). 4 – 14.
- Strike, K. y Posner, G. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. En: West, L & Pines, L. (eds). *Cognitive structure and conceptual change*. 211 – 231.



- Taber, K. (2001) Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 23 (7), 731 – 753.
- Trinidad-Velasco, R. y Garritz, R. A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, 14(2), 72-85.
- Vosniadou S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*. 4. 89 – 111.
- Vosniadou, S. y Brewer, W. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51-67.

### Electrónicas

URL Flores, F. *et al.* (2002) <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048> (Última revisión 10 de enero del 2006)

Teorías del Aprendizaje-UNESCO

URL [http://www.uned.es/catedraunesco-ead/teorias\\_aprendizaje.htm](http://www.uned.es/catedraunesco-ead/teorias_aprendizaje.htm) (Última revisión 15 julio del 2005)

Teorías del aprendizaje

URL <http://www.intercom.com.ar/fmm/Pedagogia/teoriaspsicoapren.htm> (Última revisión 10 junio 2005)

URL <http://www.pucp.edu.pe/cmp/estrategias/asignificativo/Transferencia.htm> (Última revisión 12 septiembre 2005)

URL <http://www.ur.mx/cursos/diya/quimica/jescobed/esteq2.htm> (Última revisión 2 octubre 2005)-

URL <http://www.ur.mx/cursos/diya/quimica/jescobed/estequio.htm> (Última revisión 15 noviembre 2005)

URL <http://www.oei.org.co/fpciencia/art08.htm> (Última revisión 20 diciembre 2005)

## APÉNDICE

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**ACOMODACIÓN.-** Proceso por medio del cual el sujeto es influenciado por el objeto (conocimiento), y en respuesta aquél tiende a modificar sus estructuras mentales según las exigencias. Implica cambios menores en las estructuras mentales.

**ASIMILACIÓN.-** (Educación) término utilizado por los teóricos que entienden la educación como un proceso de integración sociocultural de la persona. Es la incorporación de nuevos conocimientos utilizando los elementos que posee para responder a nuevos estímulos de aprendizaje. Implica cambios radicales en las estructuras mentales.

**CONCEPTO.-** Unidades de representación mental, semillas de elementos, léxicos más simples.

**CONFLICTO COGNITIVO.-** Estado de un individuo que se encuentra ante dos o más objetos o acciones (conocimientos, teorías, modelos) incompatibles.

**CONSTRUCTIVISMO.-** Concepción filosófica que surge como consecuencia de la interacción entre las ideas empiristas e innatistas.

Según Piaget, Neisser y Bruner el individuo construye su peculiar modo de pensar, de conocer, de un modo activo, como resultado de la interacción entre sus capacidades innatas y la exploración ambiental que realiza mediante el tratamiento de la información que recibe del entorno.

**CONCEPCIÓN INTELIGIBLE.-** Aquella que tiene significado y sentido para uno mismo (Posner, 1982).

**CONCEPCIÓN PLAUSIBLE.-** Aquella que resuelve las concepciones que no resolvían las anteriores (Posner, 1982).

**CREENCIAS.-** Propositiones mentalmente representadas tomadas por el creyente como ciertas (Carey, 1991, pág.258).

**DISONANCIA COGNITIVA.-** Discrepancia entre lo que se aprende y los esquemas ya establecidos (Pozo, 2003).

**ECOLOGÍA CONCEPTUAL.-** Entorno cognitivo en el que se encuentra el sujeto, o sea, el contexto intelectual en el que tendrá lugar el cambio conceptual (Hewson,1996). Ya que el contexto intelectual se encuentra en la mente del individuo esto implicará cambios en toda su forma de pensar.

**EPISTEMOLOGÍA.-** (Del griego epistemé, conocimiento, saber científico) sinónimo de gnoseología, disciplina filosófica que estudia el origen, valor y alcance del conocimiento humano. Más específicamente utilizado para el estudio de la naturaleza, valor y alcance de cada una de las ciencias. Se refiere a la forma en que cada ciencia construye su propia área del conocimiento.

**ESTRUCTURA SEMÁNTICA.-** Inferencias construidas con modelos mentales.

**MAPA SEMÁNTICO.-** Organizador gráfico de categorías de información respecto de un concepto central (Galagovsky, 1993).

**METACOGNICIÓN.-** Se refiere a los procesos cognitivos y al conocimiento propio de cada individuo concerniente a la conciencia que tiene la persona de la forma en que aprende. ("The process of thinking about thinking" (inglés) Flavel (1977)).

**MODELOS MENTALES.-** Representaciones proposicionales organizadas de acuerdo a ciertos constructos de fenómenos, eventos, procesos imaginarios, que incluyen a los conceptos científicos.

Representaciones mentales idiosincráticas, funcionales aunque incompletas, que actúan como análogos estructurales a fenómenos o situaciones del mundo externo.

**MODELOS NEO-INNATISTAS.-** Representaciones existentes que son restricciones innatas que determinan las concepciones iniciales de los sujetos con su desarrollo conceptual.

**MODELOS FRÍOS.-** Aquellos que centran más su atención en los aspectos racionales, dando poca o ninguna importancia a los aspectos afectivos o sociales (Rodríguez Moneo, 1999).

**MODELOS CALIENTES.-** Aquellos que tienen en cuenta cuestiones motivacionales y emocionales (Rodríguez Moneo, 1999).

**ONTOLOGÍA.-** Del griego *ontos* que quiere decir el ser, tratado, doctrina. Es la investigación universal y a priori de las esencias, diferenciándose del puro análisis fáctico. Busca la comprensión y sentido del ser a través del caudal interno que el mismo tiene.

**PARADIGMAS.-** Concepto introducido por Kuhn en el ámbito de la teoría de la ciencia para referirse a "supuestos básicos". Al que le da dos significados:

1. como logro o realización concreta
2. como conjunto de compromisos compartidos

**P-PRIMS.-** Primitivos fenomenológicos o sea unidades mínimas de conocimiento que se caracterizan por ser autoexplicables.

**RED CONCEPTUAL.-** Estrategia de análisis y reflexión sobre los contenidos.

**REDES SEMÁNTICAS.-** Mapas conceptuales no jerárquicos donde los nexos son relaciones semánticas específicas que codifican.

**SEMÁNTICO.-** (DEL GRIEGO SEMANTIKOS, significado) ciencia que estudia el significado de las palabras.

**TEORÍAS.-** Estructuras mentales complejas, consistentes en un dominio de fenómenos representados mentalmente y en un principio explicativo alrededor de los mismos (Carey, 1991, p. 258).

**TEORÍA MARCO.-** Conjunto amplio de construcciones o presupuestos ontológicos específicos de un dominio y no conscientes para el sujeto.

**TEORÍA ESPECÍFICA.-** Conjunto de creencias interconectadas que se generan a través de la observación directa del sujeto o a partir de distintos canales culturales, que son constreñidas por presupuestos de la teoría marco.

**TRANSFERENCIA.-** Cualidad de un buen aprendizaje, esto es que cuando se tiene la capacidad de explicar ese conocimiento a otros, éste ha sido adquirido