



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

**ANÁLISIS Y ADAPTACIÓN DE LA  
ESTRATEGIA DE DE VOS Y VERDONK PARA  
INTRODUCIR EL TEMA  
"REACCIÓN QUÍMICA" EN EL BACHILLERATO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN:  
DOCENCIA PARA LA EDUCACION MEDIA SUPERIOR**

**P R E S E N T A:**

**MARÍA ANGELINA TORRES LEDESMA**

**TUTOR: DR. LUIS MIGUEL TREJO CANDELAS**

**MARZO, 2011**

**FACULTAD DE QUÍMICA**





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: Dr. Andoni Garritz Ruiz  
Vocal: M. en C. Roxanna Pastor Fasquelle  
Secretario: Dr. Adolfo Eduardo Obaya Valdivia  
1<sup>er</sup> Suplente: Dr. Plinio Jesús Sosa Fernández  
2<sup>do</sup> Suplente: Dr. Luis Miguel Trejo Candelas

Lugar donde se realizó la tesis:

Facultad de Química, UNAM.

## **TUTOR DE TESIS:**

TUTOR: DR. LUIS MIGUEL TREJO CANDELAS



**FIRMA**

**A mis padres:**

Raymundo y Carmen  
Por su infinito cariño y confianza

**A mis hijos:**

Fernando y Bibiana  
Para que logren todas sus metas

**A mi esposo Nicolás:**

Por su comprensión y amor

**A mis hermanos:**

Por todo su apoyo y ánimo

**A mi gran amiga Lulú:**

Por acompañarme en esta tesis

**A mi amiga Nadia:**

Por su ayuda

**A mis sinodales:**

Por todos los comentarios recibidos y su apoyo

**A mi tutor:**

Por la contribución en la elaboración de este trabajo

**A todos mis profesores de la maestría:**

Por su enseñanza

**A la Facultad de Química:**

Porque se preocupa por sus egresados

**A mi Universidad:**

Por toda la educación y oportunidades que brinda

# ÍNDICE

<b>Introducción</b>	1
<b>Capítulo 1. Propósitos y Justificación</b>	4
1.1 Propósito general	4
1.2 Propósitos específicos	4
1.3 Justificación	4
1.3.1 Problemas de enseñanza del tema de reacción química en el bachillerato	4
<b>Capítulo 2. Marco de Referencia</b>	7
2.1 Educación Media Superior	7
2.1.1 Situación.	8
2.2 Problemas generales	10
2.2.1 Planes y Programas	11
2.2.2 Profesores	12
2.3 Estudiantes	15
2.4 Bachillerato General de la UNAM	17
<b>Capítulo 3. Marco Teórico</b>	20
3.1 Química en el bachillerato	20
3.2 Química en el bachillerato de la UNAM	21
3.3 Dificultades de la enseñanza-aprendizaje de la química en el bachillerato	22
3.4 Concepciones alternativas	24
3.5 ¿Cómo se forma el conocimiento humano?	25
3.6 Enseñanza de las ciencias	31
3.6.1 Filosofía	33
3.6.2 Historia	34
3.6.3 Pedagogía y psicología	36
3.6.4 CTS	37
3.7 El papel de la reacción química en el bachillerato	38
3.8 Dificultades en la enseñanza del tema reacción química en el bachillerato	39
3.9 Problemas en el aprendizaje del tema de reacción química	40
<b>Capítulo 4. Resultados y Consideraciones de la aplicación de las cinco secuencias experimentales</b>	43
4.1 Datos sobre los autores	43
4.2 Antecedentes de la propuesta	44
4.3 Detalles relevantes del artículo A new road to reactions (parte 1)	45
4.3.1 Resultados y Consideraciones de la puesta en práctica de la secuencia experimental 1	47
4.4 Detalles relevantes del artículo A new road to reactions (parte 2)	50

4.4.1 Resultados y Consideraciones de la puesta en práctica de la secuencia experimental 2	52
4.5 Detalles relevantes del artículo A new road to reactions (parte 3)	54
4.5.1 Resultados y Consideraciones de la puesta en práctica de la secuencia experimental 3	57
4.6 Detalles relevantes del artículo A new road to reactions (parte 4)	60
4.6.1 Resultados y Consideraciones de la puesta en práctica de la secuencia experimental 4	62
4.7 Detalles relevantes del artículo A new road to reactions (parte 5)	64
4.7.1 Resultados y Consideraciones de la puesta en práctica de la secuencia experimental 5	68
<b>Capítulo 5. Análisis</b>	71
5.1 Análisis general de la propuesta de De Vos y Verdonk	71
5.2 Comparación de cada artículo en la propuesta de De Vos y Verdonk	73
5.3 Análisis conceptual	78
<b>Capítulo 6. Replanteamiento y adaptación de las estrategias</b>	88
6.1 Metodología	88
6.1.1 Replanteamiento y adaptación de la secuencia didáctica experimental 1	89
6.1.2 Replanteamiento y adaptación de la secuencia didáctica experimental 2	96
6.1.3 Replanteamiento y adaptación de la secuencia didáctica experimental 3	104
6.1.4 Replanteamiento y adaptación de la secuencia didáctica experimental 4	111
6.1.5 Replanteamiento y adaptación de la secuencia didáctica experimental 5	122
<b>Capítulo 7. Conclusiones</b>	132
<b>Referencias</b>	138

## **INTRODUCCIÓN**

Durante la enseñanza, los profesores nos enfrentamos a diversos problemas, uno de ellos es el de las concepciones alternativas<sup>1</sup> de nuestros estudiantes. Los alumnos no aprenden lo que se piensa, y esto ocurre en cualquier área y en cualquier tema, en lo que se ha dado en llamar el cambio representacional (Pozo, 2007).

Existen muchas investigaciones que mencionan una gran cantidad de concepciones alternativas del tema “reacción química” y de los conceptos involucrados, pero pocos autores han reportado cómo solucionar esto para que ocurra el aprendizaje.

Este tema es importante en química y se considera central y fundamental en todo curso de química.

Aunque existen pocos autores que responden a ¿qué hacer en alumnos que cursan el primer semestre del nivel bachillerato, con edades entre 14 y 15 años aproximadamente? o ¿cómo efectuar cambios en la enseñanza inicial de la reacción química?, los autores De Vos y Verdonk, proponen una macrosecuencia didáctica para resolver este problema, en cinco artículos publicados en la revista *Journal of Chemical Education*.

Lo interesante de este trabajo es que parte de lo macroscópico a lo nanoscópico, de lo concreto a lo abstracto, va de lo general a lo particular (reacción química como formación de nuevas sustancias, migración e interacción entre sustancias, manifestación de la reacción química, moléculas, átomos). Además, realizan amplia investigación, como; trabajar con diversos grupos escolares, entrevistar a alumnos, interpretar y analizar entrevistas, formular preguntas relevantes a estudiantes.

Los autores utilizan el trabajo práctico para aprender conceptos químicos y como promotor de cuestionamientos que involucren otros trabajos prácticos para dar respuesta o para generar nuevas preguntas.

Los tres primeros artículos suponen que el alumno debe tener un contacto previo con las sustancias, sus interacciones y sus cambios para poder lograr un aprendizaje significativo sobre reacción química. El papel del profesor en esta construcción es formular preguntas pertinentes que hagan razonar al estudiante, que no se exaspere y espere las respuestas, que enseñe los conceptos de forma gradual y dosificada, que le

---

<sup>1</sup> Ya agregaremos información sobre este tema en la sección 3.4 de esta tesis. Por ahora basta decir que en estas “concepciones alternativas” se involucran los conocimientos que de una manera natural los alumnos van adquiriendo a lo largo de su vida y que, de alguna manera, son alternos al conocimiento científico. Son persistentes para erradicar de la mente de los alumnos y pueden corresponderse con ideas del desarrollo mismo de la ciencia en otros tiempos.

permita al estudiante dar explicaciones en lugar de frases “químicas” cortas que no indican su comprensión. Es importante que el profesor tome en cuenta las concepciones alternativas para planear y discutir, con otros profesores (trabajo colegiado), toda la secuencia de actividades planeadas en donde se invita a los estudiantes a observar y analizar resultados.

Este trabajo reúne todas estas características y el resultado es una secuencia constructivista innovadora, y es una adaptación a la que presentan De Vos y Verdonk, que esperamos ayude al estudiante a aprender el tema de reacción química de una forma más significativa a diferencia de una enseñanza tradicional y al profesor novato, a conocer otra forma de enseñar el tema.

La secuencia original de De Vos y Verdonk involucra aspectos tanto didácticos como pedagógicos, pero algunas veces no son del todo explícitos, por lo que en este trabajo se realiza un análisis e interpretación para explicar cada artículo y, sobretodo, adaptarlos al contexto del CCH en cinco etapas.

La interpretación se pudo realizar gracias a las diversas asignaturas que se cursaron durante la estancia en la Maestría en Educación Media Superior en química (MADEMS), como fueron, en especial: didáctica de la disciplina, filosofía de las ciencias, psicopedagogía, hermenéutica y estructura de la materia. También ha sido importante la reflexión continua que se realizó en su aplicación en el aula, por varios semestres, en una escuela pública urbana y metropolitana.

Por ejemplo, aunque las actividades experimentales que se plantean no resultan ser nuevas, es novedoso el uso de cuestionamientos de reflexión, pertinentes y oportunos. Para mostrar lo innovador de esta parte de la propuesta se presentan comparaciones de estas actividades con las de una enseñanza tradicional.

Además de la interpretación, se realizan modificaciones a la propuesta, se presentan las actividades experimentales de forma explícita y en cada una de ellas se señalan sugerencias para llevar a cabo. También se proponen formas de evaluación para tener evidencias del aprendizaje que no hay en la propuesta original.

Una de las sugerencias de los autores es que los conceptos se deben enseñar de una manera gradual, por lo que de igual manera, se plantearán los conceptos aprendidos en cada secuencia, y para entrelazarlos se van presentando mapas conceptuales de forma gradual. En el último mapa se presenta lo que debería conocer un alumno sobre reacción química en una manera introductoria pero interrelacionando los conceptos o sea, de manera no atomizada.



Este trabajo está dividido en 7 capítulos dentro de los cuáles se encontrará lo siguiente:

En el capítulo 1 se señalan los propósitos que persigue este trabajo, tanto los generales como los particulares, así como la justificación que surge a partir del interés sobre el tema.

En el capítulo 2, se muestra el marco de referencia, en este se describen datos relacionados con el sistema de Educación Media Superior en México, como; su situación, principales instituciones, problemas que afronta, etc.

En el capítulo 3, el sustento de esta tesis, es decir, el marco teórico. Aquí se describen en general aspectos relacionados con la química en el bachillerato y, las dificultades que existen al enseñar y aprender química. También se incluyen aspectos relacionados con la enseñanza de las ciencias en el tratamiento de problemas relacionados con la enseñanza-aprendizaje. Aunado a esto, se especifican algunos de los problemas en el tema reacción química.

En el capítulo 4, se señalan algunos datos sobre los autores De Vos y Verdonk y se mencionan algunos antecedentes de su trabajo. Se detallan las ideas centrales de cada uno de sus artículos y después de aplicar la secuencia a alumnos del primer y segundo semestre del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM, se proponen algunos cambios.

En el capítulo 5 se muestra un análisis general de la propuesta de De Vos y Verdonk. Las actividades experimentales que proponen se comparan con la enseñanza tradicional, para posteriormente utilizar un instrumento, análogo al que J. D. Herron maneja para analizar diversos conceptos para planificar que es lo más propio de enseñar sobre reacción química en un nivel introductorio.

En el capítulo 6, se da la metodología para replantear y adaptar la propuesta de enseñanza de De Vos y Verdonk, en forma de una secuencia de actividades y con una orientación al bachillerato mexicano, basada en la aplicación de la propuesta (capítulo 4) y en el instrumento de Herron (capítulo 5).

El capítulo 7 muestra las conclusiones. Seguido de éste se incluyen las referencias bibliográficas consultadas.

# **CAPÍTULO 1**

## **PROPÓSITOS Y JUSTIFICACIÓN**

En el presente capítulo se presentan los propósitos generales y específicos de esta tesis.

### **1.1 PROPÓSITO GENERAL**

- Adaptar la propuesta de De Vos y Verdonk llamada “A new road to reactions” (Un nuevo camino a las reacciones), publicada entre 1985 y 1987, para apoyar la enseñanza del tema reacción química a nivel bachillerato.

### **1.2 PROPÓSITOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la propuesta de enseñanza de De Vos y Verdonk.
- Replantear la propuesta de enseñanza de De Vos y Verdonk para introducir el tema de reacción química en el bachillerato universitario.
- Recomendar estrategias de evaluación que ayuden a regular el proceso de aprendizaje de la propuesta.

## **JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1 Problemas de enseñanza del tema de reacción química en el bachillerato**

El tema reacción química, en todos los niveles educativos es la idea central de la Química, que involucra gran cantidad de conceptos, símbolos, modelos, etc. El nivel de profundidad en que se estudia este tema se modifica en el currículo según el grado escolar del estudiante. De manera que la enseñanza de la química, empezando en el nivel más elemental, demanda que el alumno se familiarice con este proceso a partir de una versión más sencilla. Y todo esto puede ser un primer problema de aprendizaje si el currículo no está estructurado adecuadamente, si los libros de texto no son apropiados, si los docentes son poco reflexivos, si los alumnos están poco motivados, etc.

Hay que resaltar que dentro de los obstáculos más recurrentes en la enseñanza del tema de reacción química en el bachillerato -por mencionar sólo algunos- son: el

currículo, la enseñanza tradicional, sumada a los múltiples problemas existentes en los libros de texto.

- ❖ Con respecto al currículo, los contenidos se presentan sobrecargados en la mayoría de los programas, lo que no deja tiempo para la comprensión de los temas; además, los temas seleccionados sólo son útiles para aquellos que van a seguir una carrera estrechamente vinculada con la química.
- ❖ Por otro lado la enseñanza tradicional se enfoca en la presentación unidireccional de una sucesión de hechos descontextualizados, que se tienen que aprender, sin que se haga explícito el valor que estos conocimientos tienen en la vida de los estudiantes, (Caamaño, 2006).

Todos estos problemas y más, han sido analizados en estos últimos años en investigaciones, desde el punto de vista de las finalidades que habría de tener la educación científica y de las propuestas didácticas que se han realizado, que subrayan que la educación (o la enseñanza o la información) es:

- 1) **Superficial** porque involucra una revisión rápida de temas, sin reflexión, sin retroalimentación, poco descriptiva. No se presta suficiente atención a la comprensión química, es decir, de los procesos de modelización y de los cuales se obtiene el conocimiento químico.
- 2) **Atomizada** porque se presentan diversos temas o conceptos y no se relacionan entre sí, o no se relacionan con otros contextos. Esto a su vez provoca dificultad en el uso del lenguaje químico. Conforme se avanza el programa de estudios, aumenta la complejidad de la enseñanza y del aprendizaje de la Química, ya que todos sus conceptos se van relacionando hasta formar un gran entramado. Y si los conceptos iniciales se aprendieron mal, la red conceptual formada puede ser muy confusa y hasta errónea, por estar débilmente unida o los conceptos aislados. No hay una secuencia adecuada de los contenidos para la comprensión de los conceptos y modelos químicos.
- 3) **Monótona** ya que se utiliza preferentemente la exposición oral y no se utiliza una diversidad de estrategias. El profesor dedica muy poco tiempo a la realización, interpretación, planificación y realización de investigaciones escolares. No utiliza nuevas tecnologías de la información y la comunicación, tanto en las clases de química como en el trabajo de los estudiantes fuera del aula.
- 4) **Confusa** puesto que se mezclan aspectos macroscópicos, nanoscópicos y simbólicos a la vez.

- 5) **Deslumbrante**, a causa de que cuando se utilizan actividades experimentales, lo que logran es impactar y conquistar la atención al estilo “show de química” (con electricidad, llamas, ruido o otros efectos de energía), sin que haya un trabajo de reflexión, y búsqueda de explicaciones.
- 6) **Inadecuada**, con respecto a las actividades experimentales, ya que no están diseñadas para este nivel introductorio y demandan una mayor cantidad de conceptos previos para su enseñanza.
- 7) **Divorciada y distorsionada**, la teoría de la práctica. Existe escaso o nulo énfasis en la relación entre el mundo macroscópico de la recolección de datos y de las aplicaciones (en la práctica) y el mundo de las explicaciones, nivel nanoscópico de los átomos y las moléculas (en la teoría). Lo que hace imposible ver la importancia y la trascendencia de la química y los modelos en el mundo real.<sup>2</sup>
- 8) **Incompleta**, ya que se trabajan poco las habilidades comunicativas: argumentar, sacar conclusiones, redactar un informe, describir, participar en un debate, etc.

En la práctica educativa, es un punto común considerar que se gravita en torno al tema de reacción química. Debido a la gran importancia de este tema, se han diseñado infinidad de propuestas para su enseñanza. Unas intentan resolver algunos de los problemas que presenta la enseñanza tradicional del tema. De entre las propuestas innovadoras para introducir el tema en el nivel medio superior sobresale la presentada por **Wobbe De Vos y Adri H. Verdonk** en la década de los 80's. del siglo pasado (De Vos y Verdonk, 1985a y b, 1986 y 1987a y b). A pesar de que esta propuesta no se basa en entender terminología detallada (enfoque tradicional), y que en su lugar presenta procesos químicos que obligan a los estudiantes a pensar explicaciones sobre lo que ven, para ayudarles a formar un punto de vista aceptado de la reacción química (Kind, 2004), su impacto en el ámbito educativo mexicano ha sido mínimo.

---

<sup>2</sup> Nivel nanoscópico. Actualmente se emplea “nivel nanoscópico” en lugar del “microscópico”, porque las moléculas miden del orden de nanómetros.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO DE REFERENCIA**

Este capítulo se hablará del sistema de Educación Media Superior (EMS) en México, en específico del bachillerato de la UNAM, porque es a este nivel al que está dirigido el trabajo. Los puntos a tratar son en general: su situación; principales instituciones que la imparten; problemas que afronta la EMS (entre ellos sus planes y programas y sus profesores); acciones oficiales recientes; su población.

#### **2.1 EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

La EMS es una etapa de la educación escolar. Se imparte después de la educación básica, la cuál consta de seis años de primaria a partir de los seis años de edad y tres años de secundaria. Posteriormente es requisito para cursar estudios superiores. Se ofrece en tres años, aunque hay algunos subsistemas que lo hacen en dos o en cuatro. Y está conformada por dos niveles; **el profesional técnico** y **el bachillerato**.

El **profesional técnico** tiene una orientación de formación para el trabajo, es de carácter terminal con opción, en algunos casos, de continuar a la educación superior mediante la acreditación de materias adicionales (propedéutica). En este nivel, a los alumnos se les prepara como profesionales técnicos en actividades industriales y de servicios. Se atiende principalmente en los Centros de Estudios Tecnológicos (CET), Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (Conalep), y otros.

**El bachillerato** es un nivel educativo propedéutico, que viene a satisfacer las necesidades de la formación general para acceder a la educación superior Su objetivo es ofrecer una educación de carácter formativa e integral, que incluya la adquisición de conocimientos científicos, técnicos y humanísticos, con algunas metodologías de investigación y de dominio del lenguaje. Este nivel bachillerato se subdivide en *bachillerato general* y *bachillerato tecnológico*.<sup>3</sup>

El nivel bachillerato se atiende principalmente en los centros por los siguientes servicios educativos: bachillerato general por cooperación y de arte, telebachillerato, Colegio de Bachilleres, etc., mientras que el bachillerato tecnológico es del tipo industrial, agropecuario, forestal y del mar.

---

<sup>3</sup> Subsecretaría de Educación Media Superior. Dirección General del Bachillerato. Bachillerato General. Consultado el 10 de octubre, 2007 en la red de Internet:  
<http://dgb1.sep.gob.mx/DGB.php?DGBOPC=00001&DGBSOPC=000002&DGBOPCD=000002>

### 2.1.1 Situación

Con respecto a la distribución del estudiante inscrito en la Educación Media Superior, el bachillerato cubre el 90.2 % mientras que el 9.8 % restante lo cubre el profesional técnico.<sup>4</sup>

Para entender mejor este subsistema conviene revisar algunos datos con respecto a niveles anteriores. Para el ciclo escolar 2005-2006 la educación primaria tuvo una población de 14.6 millones de alumnos con una cobertura del 94.1% y una eficiencia terminal del 91.8%, Mientras que para la educación secundaria fueron 6.0 millones de alumnos, una cobertura del 91.8 % y una eficiencia terminal del 79.2%<sup>5</sup>, siendo las zonas rurales donde se localiza el mayor rezago educativo.

Del total de la población en edad para cursar la EMS (jóvenes de 15 a 18 años de edad) sólo se cubrió al 58.6% en el mismo ciclo escolar, lo que corresponde a una población de 3.7 millones de estudiantes. En este nivel educativo la deserción es del 16.3%, la reprobación del 36.6% y la eficiencia terminal del 58.9%.<sup>4</sup>

De no haber un nuevo impulso a la EMS, se espera que en el ciclo escolar 2012-13 la tasa de graduación sea de 49.1% por ciento, la cual es menor al promedio en el que se encontraban los países de la OCDE a finales de la década de los años sesenta, o sea un rezago de 50 años.

Se esperaría entonces que la tasa de terminación aumentara en beneficio del país, formando personas preparadas como ciudadanos, como estudiantes de educación superior, o integradas al sector productivo.<sup>6</sup>

Al comparar los datos sobre cobertura en México con los de otros países, se observan tendencias que no son favorables para nuestro país. La siguiente gráfica muestra el porcentaje de la población que en 2004 había concluido la EMS en dos grupos de edad, 25 a 34 años y 45 a 54 años.

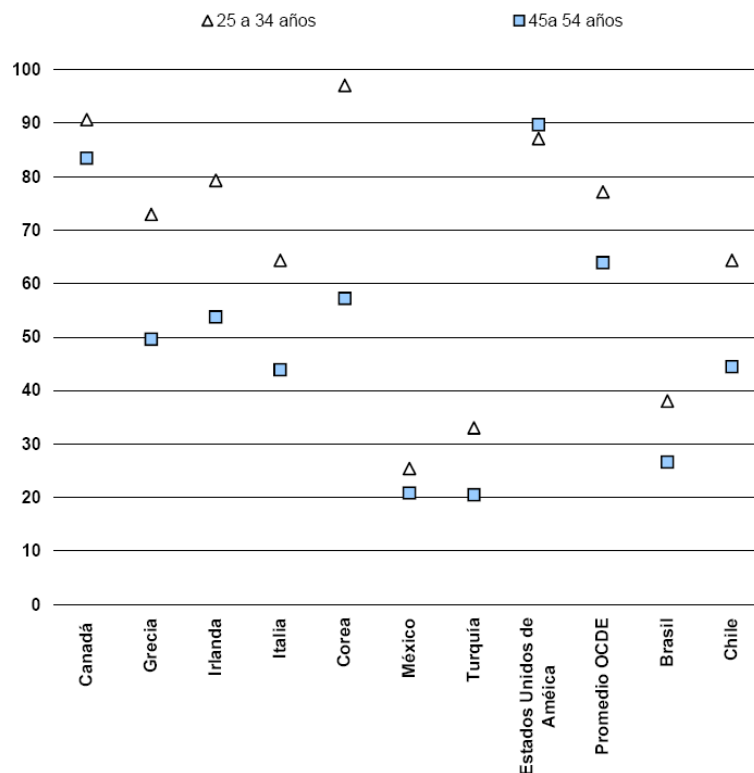
---

<sup>4</sup> Curso-Taller. Equidad de género en la educación MEDIA SUPERIOR. (2006, junio). Consultado el 9 de octubre, 2007 en la red de Internet:

[http://www.e-mexico.gob.mx/wb2/eMex/eMex\\_Equidad\\_de\\_genero\\_en\\_la\\_educacion\\_media\\_super](http://www.e-mexico.gob.mx/wb2/eMex/eMex_Equidad_de_genero_en_la_educacion_media_super)

<sup>5</sup> Sistema Educativo de los Estados Unidos Mexicanos, principales cifras, ciclo escolar 2005-2006, Dirección General de Planeación y Programación. Secretaría de Educación Pública. (2007, marzo). Consultado el 9 de octubre, 2007 en la red de Internet: [www.sep.gob.mx/work/resources/LocalContent/83205/51/est\\_2007.pdf](http://www.sep.gob.mx/work/resources/LocalContent/83205/51/est_2007.pdf)

<sup>6</sup> LA JORNADA: Firman la UNAM y la SEP convenio de colaboración en la nueva administración. El derecho a educación media superior, sin cumplirse cabalmente: De la Fuente. (2007, febrero 20). Consultado el 9 de octubre, 2007 en la red de Internet: <http://www.jornada.unam.mx/2007/02/20/index.php?section=sociedad&article=042n1soc>



*Gráfica 2.1 Población que concluyó la EMS (2004)  
Porcentaje por grupo de edad<sup>7</sup>*

Aunque en el país se han registrado avances en este sistema, es evidente e inquietante, que no se esté atendiendo a la juventud, que desea estudiar, esto es un pendiente para el gobierno federal, por qué surgen preguntas como ¿dónde están esos jóvenes que no ingresan a la secundaria o la EMS? Sin duda son asuntos de altísima complejidad, fuera de la intención de este trabajo, sin embargo, es oportuno señalarlo.

Como este nivel educativo es crucial para el desarrollo del país, los datos anteriores son tan alarmantes que la ex-titular de la SEP, Josefina Vázquez Mota, reconoció que:

*“sólo 58 de cada 100 jóvenes en edad de cursar el bachillerato tienen acceso y, a escala estatal, la realidad “se agrava”, pues hay cinco estados que tienen una cobertura aún menor: 37 por ciento en el caso de Michoacán; 43 por ciento, en el de Guanajuato; 46 por ciento en Guerrero y estado de México, y 49 por ciento en Zacatecas.*

<sup>7</sup> Subsecretaría de Educación Media Superior de la Secretaría de Educación Pública de México. Reforma integral de la Educación Media Superior en México: La Creación de un Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de diversidad. Enero (2008) pp 6 a 10. Gráfica 1.1 tomada de Fuente: Education at a Glance, Anexo 3. OCDE, 2006 ([www.oecd.org/edu/eag2006](http://www.oecd.org/edu/eag2006)).

*Al problema de la falta de acceso, añadió, se suma el de la deserción, pues 40 de cada 100 alumnos abandonan sus estudios de educación media. Las tres principales causas del abandono escolar son la reprobación, la necesidad de dejar los estudios para cuidar a algún familiar y la falta de ingresos en el hogar, apuntó.”<sup>6</sup>*

Estadísticas acerca de estos servicios educativos son: el bachillerato tecnológico atiende el 32.6% de los estudiantes y el 67.4% restante el bachillerato.<sup>4</sup>

Cada una de estas instituciones tiene diferentes metas, fines para la preparación general de los estudiantes. Su estructura curricular y organización escolar es heterogénea entre ellos, responde a diferentes enfoques y necesidades educativas, dependiendo de las características regionales y aspiraciones de los jóvenes.

Además de que este nivel educativo es crucial para el desarrollo del país, es determinante en el desarrollo personal de cada individuo porque:

*“La educación media superior se propone en tres años reforzar los distintos procesos iniciados y desarrollados en la educación básica, así como proporcionar nuevos conocimientos, competencias, destrezas y habilidades, con miras a impactar la vida de los jóvenes, trascendiendo en su entorno personal, social, profesional, laboral, afectivo, cívico, artístico y cultural. Pero además se despliega como promotora de una conciencia ciudadana responsable, crítica y comprometida, facilitadora de experiencias de aprendizaje orientadas al reconocimiento de su vocación, a la elección de carrera y como agente socializador por excelencia, impactando fuertemente la vida personal y familiar”. Los nuevos y variados conocimientos, competencias, destrezas y habilidades le serán útiles para seguir aprendiendo a lo largo de la vida, para la incorporación responsable y productiva a la vida ciudadana y a entornos laborales altamente competitivos y cambiantes.<sup>4</sup>*

La edad promedio de la población estudiantil es de los 15 a 18 años, es decir la edad de la adolescencia en pleno. Por sus características esta etapa educativa es un espacio valioso, ya que ayuda a los jóvenes, en este lapso crucial de su vida, para alcanzar la madurez personal, reforzando el proceso de formación de la personalidad.<sup>8</sup>

## **2.2 PROBLEMAS GENERALES**

Aunque es crucial la EMS para el desarrollo del país, existen serios problemas de la educación en el bachillerato mexicano, como los que a enuncian Garritz y Talanquer (Garritz y Talanquer, 1999):

1. Falta de coordinación, ya que este sistema se encuentra fragmentado y no cuenta con una política central propia. Por un lado unas escuelas dependen de las

---

<sup>8</sup> Proyecto de etapa.. Consultado el 4 de julio, 2006 en la red de Internet: [www.edebedigital.com](http://www.edebedigital.com)



universidades, y otras son dependientes de la SEP, ésta última con sus dos subsecretarías: la de Investigación Superior e Investigación Científica SESIC, y la de Educación e Investigación Tecnológica SEIT.

2. Baja eficiencia terminal, que como ya se comentó anteriormente para el ciclo 2005-2006 fue de 58.9%.

3. Gran dispersión en objetivos y en estructura curricular, además de organizarse ya sea de forma semestral o anual. También la duración puede presentarse en dos o tres años. Para cumplir con la estructura curricular, las condiciones de las instituciones son muy desiguales.

4. No hay flexibilidad de tránsito entre las diversas opciones de bachillerato.

5. La calidad del profesorado. (se detalla más adelante)

6. Instalaciones de laboratorio ineficientes, falta de personal de laboratorio y falta de equipo en salones de clase o dentro de las instituciones.

7. No hay regularidad en las actualizaciones de los planes de estudio.

Estamos de acuerdo con esta problemática pero, aunado a esto, nuestra experiencia nos dice que existen otros problemas generales, como:

8. La matrícula por profesor. Comúnmente existen más de 50 alumnos en un salón de clase, con todo esto, un profesor que cubre a dos o más grupos, resulta con un mínimo de 100 alumnos y poco tiempo para evaluar el nivel de conocimientos de sus alumnos.

### **2.2.1 Planes y Programas**

Con respecto a los planes y programas, sabemos que la transformación y producción acelerada de conocimientos tienen un sinfín de los contenidos de la cultura inabarcables; con certeza seguirán cambiando. Por lo que, el bachillerato debe centrarse en lo que es importante aprender para el sujeto, de tal forma que estos aprendizajes perduren más allá de cualquier evolución de la cultura, para producirla, valorarla y asimilarla o rechazarla.

La sociedad determina por mediación de la escuela los contenidos que juzga necesario que el alumno deba conocer, considerando sus necesidades y demandas. El estudiante

se apropia de ellos, para insertarse a la sociedad adaptándose a ella y también objetándola.

Debido a lo anterior, en la actualidad la UNAM y otras universidades del país se encuentran en la búsqueda de la identidad e importancia de este nivel educativo, mientras, en el contexto internacional, este ciclo escolar transita por un período de reformas<sup>9</sup>

Algunas estadísticas con respecto a los programas que existen para este nivel medio superior, según un trabajo realizado por el Consejo Académico del Bachillerato de la UNAM, junto con la Red Nacional del Nivel Medio Superior Universitario en 2005<sup>10</sup>, en nuestro país existen más de 300 mapas curriculares diferentes y su diseño involucra el modelo pedagógico y los programas de estudio. El 27% de estos mapas curriculares, fueron modificados y aprobados en el período 1995-1999 y sólo el 18% entró en vigencia entre 1990 y 1995.

### **2.2.2 Profesores**

Por otra parte, es importante mencionar que existen serios problemas con los profesores de EMS, entre los que se encuentran:

- El nivel de escolaridad. Según estadísticas del Sistema Educativo Mexicano para el ciclo 2005-2006, con respecto al nivel de estudios del profesorado del nivel profesional técnico, existe un 1.8% que apenas cuenta con la educación básica, 17.1% con tan sólo educación media cumplida y 4% la normal, mientras que para el nivel bachillerato el 0.3% cubre tan sólo con la educación básica, el 4.6% el nivel medio superior y el 7.7% cuenta con la normal de profesores. Aunado a esto, existe desconocimiento de las nuevas estrategias de aprendizaje y su evaluación.
- La especialidad del nivel licenciatura. Con respecto a los profesores que cuentan con una licenciatura, en muchos casos son egresados de una licenciatura que no han concluido, o que no está relacionada con la asignatura que se imparte. Ej. odontólogos o veterinarios impartiendo la asignatura de química.
- La evaluación del profesorado. Con respecto a la calidad del docente, no existen mecanismos de formación y evaluación de profesores.

---

<sup>9</sup> Coloquio sobre tendencias y experiencias de reforma del bachillerato (Enero 17, 18 y 19 del 2006)

<sup>10</sup> Mapas curriculares del Bachillerato 2005-2006: México y otros países. Red Nacional del Nivel Medio Superior Universitario

- La formación pedagógica y actualización del docente. En general los profesores manejan una didáctica deficiente y los numerosos cursos de actualización que se ofrecen se enfocan a problemas muy puntuales, no se organizan de acuerdo a las necesidades del profesor, etc.

Con respecto a la formación pedagógica del docente, un aspecto muy importante que controla su enseñanza es su forma de concebir la educación. Por una parte:

*“es vital conocer el problema que afronta la educación debido a la globalización, porque se coloca más que nunca en el nacimiento de una sociedad mundial, en el núcleo del desarrollo de la persona y las comunidades. Y es el papel del profesor transmitir al alumno lo que la humanidad ha aprendido sobre ella misma y sobre la naturaleza, todo lo que ha creado e inventado de esencial” (Delors, 1996).*

Existirían serias dificultades al llevar a cabo una transmisión de todo lo que se ha generado de conocimientos y lo que se va a generar, por lo que se necesita implantar la educación durante toda la vida en el seno de la sociedad ya que ésta responde al reto de un mundo que cambia rápidamente.

La Comisión Internacional sobre la educación piensa en cuatro pilares como base de la educación:

- **Aprender a conocer.**- Tener las bases para una educación permanente.
- **Aprender a hacer.**- Adquirir una competencia que permita hacer frente a numerosas situaciones, que facilite el trabajo en equipo.
- **Aprender a ser.** Explorar los talentos, que como tesoros, están enterrados en el fondo de cada persona. Ej. La memoria, el raciocinio, la imaginación, las aptitudes físicas, la facilidad de comunicarse con los demás, etc. Capacidad de comprenderse mejor uno mismo.
- **Aprender a vivir juntos.** Crear un espíritu nuevo que impulse a realizar proyectos comunes.

Para la Comisión internacional, hay tres funciones que conviene poner de relieve en el proceso educativo: la adquisición, la actualización y el uso de los conocimientos.

En la educación tradicional no se incide en estos cuatro pilares y difícilmente se dan aplicaciones de éstos, por lo que se necesita una educación alternativa que difiera de la primera como se muestra en la siguiente tabla (López, 1995):

Tabla 2.1 Comparación de Modelos Educativos

	<b>Sistema Educativo Tradicional</b>	<b>Educación Alternativa</b>
	Unidireccional Vertical y autoritaria	Bidireccional Horizontal y democrática
<b>Verdad</b>	Alcanzada y absoluta	Objeto en construcción (una búsqueda) Está dada por la experiencia, validada por la conexión entre experiencias diversas
<b>Profesor</b>	Poseedor de la verdad	Coordina la construcción y búsqueda de la verdad
<b>Alumno</b>	Ignorante de la verdad Pasivo en el proceso de conocimiento	Se agrega a la construcción Activo en el proceso de conocimiento
<b>Criterio de verdad</b>	Está dada por el sistema educativo	Está dada por la experiencia, validada por la conexión entre experiencias diversas
<b>Evaluación</b>	Cuantitativa	Cualitativa

Comenio<sup>11</sup> fundador de la pedagogía, consideraba que el núcleo central del docente residía en el conjunto de decisiones que éste habrá de tomar con relación al método de enseñanza. Sólo la vinculación entre aprendizaje y metodología de enseñanza le permitirán al docente establecer diferentes estrategias, con el propósito de “favorecer las condiciones del aprendizaje”, otro principio fundamental del campo de la didáctica (Díaz, 2005).

Por lo anterior, los profesores tienen ante sí un innumerable grupo de demandas, no sólo tienen que involucrarse en los aspectos cognitivos de sus estudiantes, además tienen que enfatizar la capacidad de formar en: desarrollo de habilidades, conocer y aplicar diversas metodologías de enseñanza tomando en cuenta otras esferas de desarrollo de los estudiantes. Algunas de esas demandas son (Amat, 1998):

- Comprobar que la vocación docente se mantiene e incrementa.
- Actualizar y formarse de forma permanente, tanto en contenidos como en metodología docente.
- Investigar su propia práctica educativa (Barabtarlo, 2002).
- Tener el suficiente nivel de autocrítica

---

<sup>11</sup> Jean-Amos Comenio (Nivnice 1592 - Holanda 1670), es considerado el padre de la pedagogía. Con su obra *Didáctica Magna* contribuyó a crear una ciencia de la educación y una técnica de la enseñanza que permitieron pasar de una práctica muy dispersa a un conjunto más definido de conceptos y prácticas educativas en las cuales colocó al alumno como centro del hecho educativo, haciendo que todo concurriera a su servicio: maestros, textos, aulas y métodos.

- Dominar medios como; videos, ordenadores, retroproyector, etc.
- Dedicar una atención especial a interpretar los mensajes que le envían los alumnos con sus gestos, miradas, actitudes, preguntas o comentarios.
- Preocuparse más por el aprender de los alumnos.

***La fantasía clásica es que todos los profesores deben ser una combinación de Leonardo Da Vinci, Sócrates y la Madre Teresa.***

## **2.3 ESTUDIANTES**

Nuestros estudiantes, circundan en edades entre 15 a 18 años en promedio; se encuentran en la etapa de la adolescencia. Ni niños, ni adultos, como que están en medio, viviendo fuertes cambios que los sacuden, los confrontan y a veces los llenan de miedos e incertidumbres. En esta turbulencia sienten que no están al timón o no llevan instructivo de manejo. Para algunos adultos, incluso docentes, deben llevar leyenda de peligro ¡manéjese con cuidado! Para los más, son promesas de una juventud más educada, crítica, formada e informada, para un proyecto de vida mejor, de gran importancia para la sociedad y los cambios que se están produciendo.

Este periodo, en sí mismo representa un tiempo de búsqueda de su propia identidad (Skar, 2003), de preguntas múltiples para llegar a saber quien es, cuales son sus creencias y valores, que es lo que quiere realizar en la vida y obtener de ella, simplemente saber ¡quién es!

Shakespeare argumentaba, que a través de la identidad surge una comprensión de las relaciones complejas entre individuos y sociedad.

Esta búsqueda de identidad se relaciona con la autoimagen, la autoestima, las interacciones, la sexualidad, los estilos de vida, la percepción del mundo y muchos aspectos importantes de la personalidad que, si son los adecuados, le proporcionarán un desarrollo psicosocial creativo, productivo y humanitario.

Esta búsqueda se refiere a varias situaciones y escenarios sociales: como un miembro joven de familia, como un amigo entre pares y como un alumno en la escuela. Algunos investigadores sugieren que la familia es más influyente que los pares, otros sugieren que los pares son más influyentes que la familia. Sin embargo, tanto los pares como la familia influyen en los adolescentes cada día. La cercanía de naturaleza emocional, de

la relación familiar puede, sin embargo, ser una parte importante en la calidad de las relaciones con los pares.

Ser adolescente es una experiencia que, teóricamente varía según las personas, los países y a lo largo del tiempo. Aparece como resultado de la interacción de los procesos biopsicosociales, los modelos socioeconómicos y las influencias culturales específicas.

Asebey (2004) menciona que:

*“paradójicamente se observa cómo, lenta e inconscientemente, la sociedad representada por el mundo adulto se convierte en un fantástico escultor de una gran cantidad de adolescentes desorientados, emergentes de los conflictos sociales, con dificultades para insertarse a su medio social, lo que hace que posterguen sus elecciones y su ingreso al mundo adulto”*

Para Winnicott<sup>12</sup>:

*“no es cuestión de curar la crisis adolescente, ni de combatirla ni de acortarla, se trata de acompañarla, de utilizarla para que el adolescente obtenga el mayor provecho de ella y pueda continuar su desarrollo progresivo hacia la etapa adulta”.*

De lo anterior y de manera breve se muestra en la Figura 2.1, las diferentes esferas en las que la educación está implicada y obligada a incidir, y no sólo concierne a la dimensión cognitiva.

---

<sup>12</sup> Autor citado por Asebey

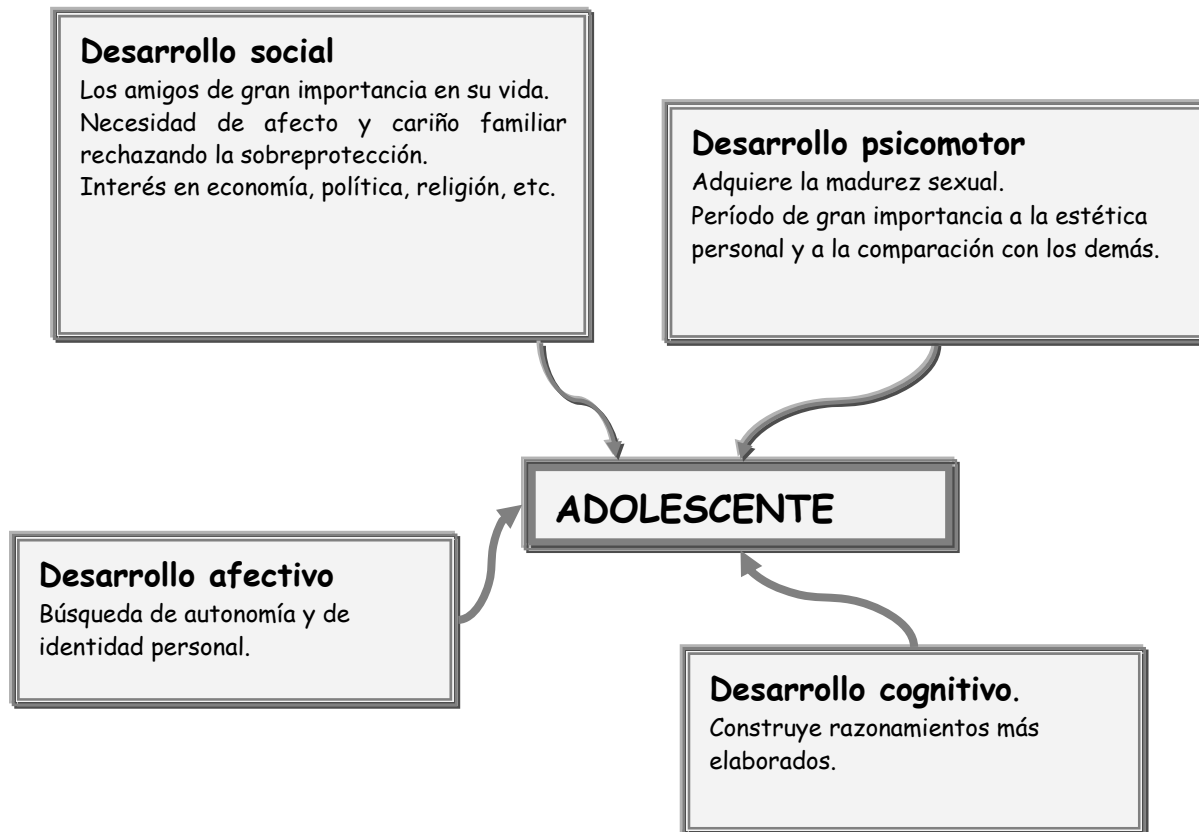


Figura 2.1 Características de la Adolescencia<sup>13</sup>

## 2.4 BACHILLERATO GENERAL DE LA UNAM

Como se mencionó anteriormente, una modalidad de la Educación Media Superior es el bachillerato general y dentro de los bachilleratos más destacados, está el de la **Universidad Nacional Autónoma de México**, cuenta con dos subsistemas escolares de reconocimiento académico: la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH). Ambos se cursan en tres años; el primero responde a una programación anual y el segundo se divide por semestres.

La ENP está formada por una Dirección General y nueve planteles con dos turnos cada uno, para este nivel EMS. Sólo el plantel dos cuenta con el nivel de Iniciación Universitaria.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Datos tomados de: Proyecto de etapa ESO. [www.edebedigital.com](http://www.edebedigital.com)

<sup>14</sup> <http://www.cab.unam.mx/interiores/Que%20Bach.htm>. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Académico del Bachillerato

Su propósito es:

*“El compromiso y la obligación de responder satisfactoriamente a los retos y demandas de la Universidad y la sociedad en su conjunto para así continuar con su carácter de institución pública, siendo el modelo educativo del bachillerato mexicano. Para cumplir con esta obligación y mantener el liderazgo educativo en el ciclo de enseñanza media superior de México”*

Por otra parte, el CCH está conformado por una Dirección General, cinco planteles y un Laboratorio Central. Tiene dos turnos cada uno y fue creado para:<sup>15</sup>

*“Atender una creciente demanda de ingreso a nivel medio superior en la zona metropolitana y al mismo tiempo para resolver la desvinculación existente entre las diversas escuelas y facultades y los institutos y centros de investigación de la UNAM, así como para impulsar la transformación académica de la propia Universidad con una nueva perspectiva curricular y nuevos métodos de enseñanza”*

Bazán señala que

*“Presencial o a distancia, un Bachillerato es un ciclo y una institución de aprendizaje que corresponde, hoy todavía, a los años en que los alumnos van alcanzando una primera maduración intelectual y humana y se apropian contenidos todavía generales y previos, antes de entrar a los estudios profesionales....el reto capital consiste en que nuestro ciclo todavía no alcanza hoy lo que hoy debería, aunque que de eso mismo se le exigirá mucho más mañana”* (Bazán, 2006):

Resulta interesante apuntar que por sus características innovadoras, el plan de estudios del CCH, es modelo educativo para más de mil sistemas de bachillerato de todo el país incorporados a la UNAM.

El bachillerato universitario ha sido y continúa siendo el más demandado y el de mayor población escolar del país, con una población que aumenta cada año.

En 2005 la matrícula en el D.F fue de 408,855. De este dato correspondería que la UNAM atendió en ese año a un 25.49% del total de la matrícula.

Actualmente, tanto la ENP como CCH y 25 Universidades Públicas más, forman parte de la Red Nacional del Nivel Medio Superior Universitario (RNNMSU), órgano que la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior (ANUIES) en 1987 propuso para el Intercambio y Apoyo en Materia de Formación de Profesores.

---

<sup>15</sup> <http://www.cch.unam.mx/antecedentes.php>. Universidad Nacional Autónoma de México: Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. Origen del Colegio de Ciencias y Humanidades. Fecha de consulta 6 de agosto 2006.



Esto ha permitido compartir experiencia acumulada en la formación de bachilleres, colocándolas como los sistemas de bachillerato más importantes del país, no sólo por las dimensiones de su población escolar, sino por la calidad de sus egresados.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades. Informe 2003/2-2004. Pag.94.

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se habla sobre la química en el bachillerato y se describen las dificultades de la enseñanza-aprendizaje de la química en esta etapa, como son las concepciones alternativas, de las cuales, se comentan algunos puntos. Se mencionan algunas teorías acerca de cómo se forma el conocimiento humano, principalmente la teoría de Piaget, donde se destaca la importancia de que el sujeto interactúe directamente con el objeto en estudio.

Otros aspectos que se cubren están relacionados con la didáctica de las ciencias como una disciplina científica en el tratamiento de problemas relacionados con la enseñanza-aprendizaje, y dadas estas dificultades, actualmente está en discusión ¿qué conceptos y/o temas se deben enseñar?, y se mencionan opiniones relativas al de reacción química (Castillejos, et al, 2007; Gutiérrez-Rodríguez y Crispín-Martínez, 2010; Martínez Vázquez, et al, 2010).

Posteriormente, se trata sobre los problemas en la enseñanza-aprendizaje del tema de reacción química.

#### **3.1 QUÍMICA EN EL BACHILLERATO**

La Química se empieza a estudiar desde la educación básica en Secundaria. Existe sólo un programa de secundaria para todo el país que depende de la SEP. La educación secundaria se imparte en tres años a estudiantes entre 12 y 15 años de edad, y en los dos últimos años se impartía la Química I y II. Esto fue hasta los alumnos que entraron en 2005. El propósito último de estos dos cursos de química era:

*“que los estudiantes se apropien de los elementos principales de la cultura química básica, para enriquecer su visión de México y del mundo y aquilatar equilibradamente los beneficios sociales que nos aporta esta ciencia, así como los riesgos de su utilización inadecuada. En especial se pretende que lleguen a interpretar correctamente la naturaleza discreta de la materia, entendiendo que la estructura simboliza las propiedades” (SEP, 1994) (Chamizo y Petrich, 1994)*

Estos programas estuvieron vigentes desde 1993, y no obstante la abundancia de contenidos, estos sufren reformas hasta el 2005 (SEP. 2005). En 2009-2010, se encuentran cursando su primer año de bachillerato los alumnos que están formados con los nuevos programas.

Para la Química en el nivel educativo medio superior existen una gran diversidad de planes de estudio en el país y muchos de ellos también se están reformando (Red Nacional, 2005). De esta manera, los objetivos de la Química dependen del programa. Sin embargo, existen proyectos que intentan homogeneizar el contenido.

En un análisis a los planes de estudio de ésta asignatura, (Ulloa y Chamizo, 2005), se comparan los contenidos de seis instituciones de educación media superior en México. Estas son; CONALEP, ITESM, IPN, CB, ENP, CCH. Cada una de ellas con un número total de contenidos (subtemas) de; 195, 95, 84, 77, 100, 112, 111, respectivamente. En esta comparación, se encontraron 17 subtemas comunes (los que son nombrados en al menos 4 de los diferentes programas), y sólo dos de los diecisiete fueron nombrados en la totalidad de éstas instituciones (Propiedades físicas y químicas de la materia. Cambios y fenómenos físicos y químicos. Propiedades generales y específicas de la masa, y, Tipos de enlace entre átomos: iónico, covalente, covalente polar y no polar, coordinado y metálico)

La educación de Química en el Bachillerato puede calificarse de tradicional, ya que está centrada en la transmisión de contenidos que se presentan de forma aislada (sin interrelaciones). Además, apoyada en la afirmación realizada en el estudio que realizaron (Chamizo, Nieto y Sosa, 2004), la enseñanza de la química, prácticamente en todo el mundo, asume un currículo “químicamente puro” (es decir, se trata de contenidos descontextualizados, extraños a la realidad que rodea al estudiante). Su estructura está basada en la teoría corpuscular, combinada con el positivismo como estructura filosófica, y pedagógicamente hablando como si se estuvieran preparando a futuros químicos profesionales.

A los alumnos se les exige que piensen como científicos sin haber desarrollado ni los maestros ni los cursos ni los libros, las estrategias para lograrlo. Del mismo estudio, los resultados de esta educación es que los conceptos básicos de química no llegan a ser completamente comprendidos al término del nivel que les corresponde, por lo que, al avanzar el curso se construye sobre unos cimientos frágiles e inestables que no permiten un aprendizaje íntegro de la disciplina.

### **3.2 QUÍMICA EN EL BACHILLERATO DE LA UNAM**

En el caso del Bachillerato de la UNAM, en Química y otras asignaturas, se llevan a cabo reformas a los planes de estudio (Flores, 2006) y (Pinelo y González, 2004). La ENP parte de un Plan de Estudios 1996 y en la actualidad el Plan de desarrollo 2002-

2006 (Maldonado y Herrera, 2006). El CCH parte del Plan de Estudios de 1996, tuvo periodos de revisión y ajuste durante 2001 a 2004, hasta la última actualización del 2005, ambas instituciones interesadas en la evaluación y actualización permanente de estos planes y programas de estudio.

Las características de los cambios en el bachillerato universitario desde 1996, se sintetizan en el deseo de unificar los estudios del ciclo (Velásquez, 2004),

### **3.3 DIFICULTADES DE LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA EN EL BACHILLERATO**

Partiendo de la idea de que las dificultades se presentan porque los alumnos son bombardeados por diversos canales de comunicación. La aceptación acrítica de toda la información científica presentada por canales de divulgación puede producir más confusión que el conocimiento, si no se sabe manejar adecuadamente (Pozo y Gómez, 2001). Los modelos científicos se mezclan en el discurso cotidiano con referentes comunes, permitiéndole al alumno pensar como análogos los sistemas macro y nanoscópico.

Así, por diferentes vías-sensorial, cultural y escolar- los alumnos adquieren un fuerte bagaje de concepciones alternativas firmemente arraigadas –en los sentidos, en el lenguaje y la cultura, en las tareas escolares- que a pesar de su diferente carácter interactúan y se mezclan entre sí, dando lugar a esa ciencia intuitiva que tan difícil resulta modificar en las aulas de ciencias, incluso a través de estrategias diseñadas para ello.

Por otra parte, otros autores describen que las dificultades que tienen los alumnos para aprender química, es debida básicamente a tres factores: (Nelson, 2002; Caamaño y Oñorbe, 2004)

- Propias de la misma disciplina (intrínsecas y terminológicas);
- Debidas al mismo estudiante en su forma de pensar y razonar;
- A causa del proceso de instrucción recibido.

El siguiente cuadro detalla cómo se manifiestan cada una de éstas (Caamaño y Oñorbe, 2004):

Tabla 3.1 Dificultades para Aprender Química

<b>Dificultades propias de la química</b>	<b>Dificultades debidas a la forma de pensar y razonar de los estudiantes</b>	<b>Dificultades atribuibles al proceso de instrucción</b>
Utilizar con ambigüedad el lenguaje respecto de los niveles descriptivos de la materia	Percibir el mundo nanoscópico de igual forma que el macroscópico.	Uso de una secuenciación inadecuada.
Usar diferentes modelos y teorías	Uso superficial del pensamiento analógico.	Presentar de forma acabada los conceptos y teorías.
La existencia de términos con significado diferente en la vida cotidiana y en química	Dificultad de transferir un concepto a un contexto distinto del que se ha aprendido	Presentación de teorías híbridas en los libros de texto.
Limitaciones de los códigos representativos de los diagramas y modelos estructurales	La construcción de modelos híbridos alternativos	No explicitar los diferentes niveles de formulación de los conceptos.
		Uso frecuente de algoritmos, donde no hay comprensión de los conceptos o procesos sino sólo su aplicación mecánica.

Desde el punto de vista de la química, estudios muestran que la química puede ser enseñada a (1) nivel nanoscópico; (2) macroscópico o sensorial; y (3) a nivel simbólico (Lucille, 1999). Muchos cursos de química se concentran a nivel simbólico, descuidando los otros dos.

Con respecto a los estudiantes y profesores, las dificultades se encuentran en los siguientes puntos:

1. Ambos tienen teorías observacionales bastante diferentes. La estructura conceptual de los estudiantes es inconmensurable con las teorías científicas (basada en las teorías científicas de Kuhn, 1989), ya que existen términos o conceptos que no pueden traducirse debido a su distinto significado. Desde este punto de vista, la elección de un estudiante por una explicación científica, es o constituye un acto ilógico, casi semejante a un cambio de dogma.
2. El pensamiento del estudiante se encuentra en la etapa concreta. Para aprender muchos conceptos en química se requiere de un pensamiento abstracto.

3. Los profesores utilizan definiciones en la enseñanza, porque son muy importantes en el aprendizaje: pero muchas definiciones son de aplicación limitada, o están obscuramente expresadas.
4. Por otra parte como ya se mencionó, los estudiantes generan una gran cantidad de concepciones alternativas, pero los profesores también las tienen, esto es otro factor para que en el alumno persistan sus mismas concepciones alternativas o para que genere otras.
5. Otra dificultad por parte de los profesores es la apreciación que tengan acerca de la ciencia porque esta idea es la que van a dar a conocer a sus estudiantes.

### **3.4 CONCEPCIONES ALTERNATIVAS**

En esta línea de investigación, han surgido varias acepciones para designar este conocimiento (Sánchez, 2002). Algunas de éstas son: concepciones o marcos conceptuales alternativos (Driver y Easley, 1978)\*, teorías en acción (Driver y Erickson, 1983)\*, concepciones incorrectas o errores conceptuales (misconceptions) (Viennot, 1989)\*, preconceptos (Ausubel, 1980)\*, teorías o creencias ingenuas (Caramazza, McCloskey y Green, 1981)\*, ciencia de los niños (Gilbert, Osborne y Fensham, 1982)\*, representaciones (Giordan, 1987)\*, constructos alternativos (Kelly, 1955, 1970)\*, y teorías implícitas (Rodrigo, 1985, 1993)\*.

\*Citados en (Sánchez, 2002).

La revisión y análisis de algunas de estas acepciones, menciona que hay que tener cuidado, ya que no todos son sinónimos. Algunos tienen significado diferente y en otros no son claros los límites que separan una concepción de otra.

Enfocándonos al término concepciones alternativas, varios autores mencionan que los estudiantes pueden sostener múltiples visiones y explicaciones alternativas sobre los fenómenos naturales debidas a las experiencias cotidianas, y que éstas son independientes de la edad, sexo y experiencia cultural. Son resistentes a la instrucción, ya que pueden mantenerse aún cuando los estudiantes contestan bien e incluso, interactúan con las concepciones científicas. Driver y Ericsson (1983) también justifican el carácter implícito de éstas y su dificultad para verbalizarlas, no obstante, se exteriorizan en las acciones que efectúan cotidianamente. La palabra “alternativa” no implica “error”, sino diferente en relación con los conceptos científicos.

Durante el aprendizaje, los alumnos construyen un modelo mental a partir de la integración de sus conocimientos previos con las demandas del curso, y éstos se van modificando a medida que cambian las exigencias o condiciones de la situación.

Su aceptación en el ámbito educativo como forma de representación del conocimiento supone resaltar las situaciones en las que se produce el proceso de enseñanza-aprendizaje (construcción y reconstrucción del conocimiento), y no en lo correcto o erróneo que pudiese ser el conocimiento del estudiante.

La sugerencia para favorecer el aprendizaje es identificar las ideas de los estudiantes (En palabras de Ausubel, “de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente”), la explicitación de las mismas y confrontar con contraejemplos o situaciones para probarlas. El enfrentar a los alumnos con variedad de materiales y situaciones permite la activación de diferentes modelos mentales, y esto facilitará progresivamente modificaciones en las estructuras cognoscitivas.

### **3.5 ¿CÓMO SE FORMA EL CONOCIMIENTO HUMANO?**

#### **Algunas teorías cognitivas**

--Para Piaget, el desarrollo cognitivo es muy importante en los primeros años de vida. Él y su equipo dedicaron 30 años de investigación experimental con niños y adolescentes y su teoría está caracterizada por ser psicológica y epistemológica. Aunque ha sido criticada duramente su teoría, sus críticos no han dado argumentos sólidos que permitan invalidar los puntos centrales, la cual está de acuerdo en que es fundamental la interacción entre el sujeto y el objeto para la producción de conocimiento, pero sus argumentos difieren con respecto a lo que sostienen la teoría empirista o la racionalista, como se muestra en la siguiente tabla (León, 1986):

Tabla 3.2 Teoría Empirista, de Piaget y Racionalista

Teoría	Generación de conocimiento basada en...	Percepción del sujeto
<b>Empirista</b>	La experiencia directa con los objetos. El conocimiento se concibe como una respuesta a los estímulos provenientes del mundo.	Agente pasivo y receptivo. Realiza una lectura inmediata de las propiedades ya estructuradas en los objetos
<b>Piaget</b>	La interacción entre el sujeto y el objeto. El sujeto llega a conocer las propiedades del objeto por la adquisición de relaciones o estructuraciones creadas a partir de sus acciones.	El sujeto no hace observaciones puras, dependen estas de las estructuras mentales que ha construido por lo que sólo puede observar aquello que los instrumentos intelectuales que posee le permiten asimilar
<b>Racionalista</b>	Las estructuras predeterminadas que tiene el sujeto (lógica y matemáticas), que le permiten aproximarse a la realidad, al imponerlas a la percepción y a la experiencia.	El sujeto tiene predominio en el proceso de conocimiento, se deja a un lado el objeto.

Piaget introduce el concepto de génesis al hablar de la construcción de las estructuras cognoscitivas, donde el sujeto incorpora o asimila la realidad a sus estructuras mentales, pero a la vez modifica o acomoda estas para enfrentar los obstáculos que le presenta la realidad. Esto implica “una forma de transformación que parte de un estado A y desembocar en un estado B, siendo B más estable que A”.

La génesis y la estructura no se pueden dissociar, si existe una estructura en el estado inicial y otra en el estado final, entre ambas existe necesariamente un proceso de construcción, es decir una génesis, cuyos factores según las teorías del desarrollo en psicología de la inteligencia son: la maduración, la experiencia y la transmisión social, a las que Piaget agrega la equilibración.

Por todo esto, Piaget concibe el desarrollo cognoscitivo como una sucesión de estados de equilibrio, de esta forma, el objeto se conoce por aproximaciones sucesivas a través de las acciones del sujeto, cada vez nos acercamos más a él, pero jamás lo conoceremos completamente.

El progreso en el desarrollo del pensamiento “consistirá en coordinar progresivamente puntos de vista diferentes, relaciones antes inconexas, en multiplicar las relaciones, en una palabra, en integrar sistemas parciales en estructuras de conjunto”.



Según esta teoría, la forma de pensar y conocer de un niño se va desarrollando a través de distintas etapas o estadios a lo largo de su crecimiento, por lo que, la calidad de ese pensamiento, el modo de ordenar los datos aportados por los sentidos, es diferente en cada una de ellas. En una población escolar comprendida entre los 10 y los 16 años se identifican dos tipos de desarrollo mental, el de las *operaciones concretas* donde se limitan los alumnos más jóvenes y los menos capaces, y el de las *operaciones formales*, donde los mayores y los más capacitados mentalmente poseen una mayor facilidad para manejar conceptos abstractos y problemas de variables múltiples como se describe en la siguiente tabla (Pozo y Gómez, 2001):

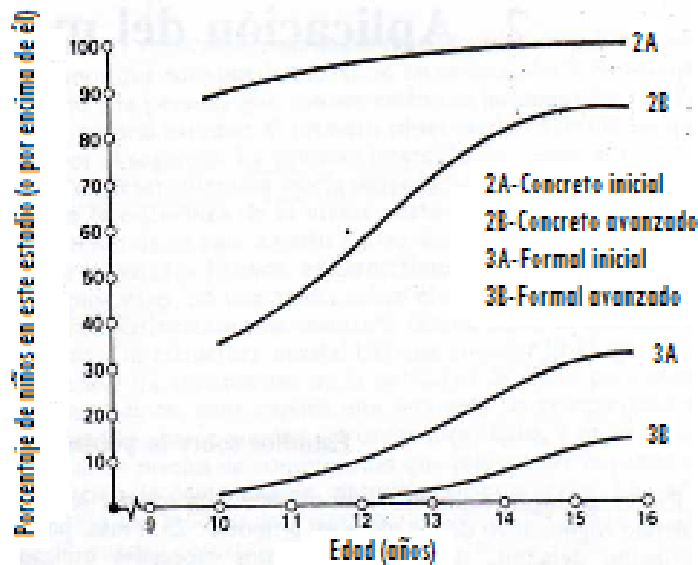
*Tabla 3.3 Características Funcionales del Pensamiento Formal frente a las del Concreto*

<b>PENSAMIENTO CONCRETO</b>	<b>PENSAMIENTO FORMAL</b>
Centrado en la realidad Se basa en los objetos realmente presentados Incapacidad para formular y comprobar hipótesis	Se refiere a lo posible, no a lo real Carácter proporcional: se basa en algún tipo de lenguaje Naturaleza hipotético deductiva: formulación y comprobación

Cada una de estas etapas, puede dividirse en fases iniciales o avanzadas. Piaget enumera así los diferentes estadios:

1. Preoperatorio.
- 2A. Inicial de las operaciones concretas.
- 2B. Avanzado de las operaciones concretas.
- 2B/3A. Estadio de transición.
- 3A. Inicial de las operaciones formales
- 3B. Avanzado de las operaciones formales.

En la siguiente figura (Shayer y Adey, 1986) se indica la proporción de niños con edades comprendidas entre 9 a 16 años que están en cada etapa evolutiva o por encima de ella en una prueba realizada a una muestra representativa de 12,000 alumnos de la población escolar de Inglaterra y el país de Gales.



*Figura 3.1 Proporción de niños en los diferentes estadios de Piaget, en una muestra representativa de la población escolar Británica*

Muchos de los informes sobre la teoría de Piaget dirán que se llega a las operaciones concretas alrededor de los 9 años, y a las operaciones formales entre los 12 y lo 14 años, pero estos resultados muestran que el 85% de los estudiantes de Inglaterra y el país de Gales a la edad de 15 años (cuando están cursando el bachillerato en México), se encuentran en la etapa concreta avanzada y sólo un 30% se inicia en el uso de las operaciones formales.

El pensamiento concreto elabora sus estructuras a partir de la realidad, y muchos de nosotros resolvemos nuestros asuntos de cada día usando solamente el pensamiento concreto, mientras que en el desarrollo del pensamiento formal puede considerarse como el cambio que se requiere para pasar de la realidad bi-variable a la realidad con tres o más variables.

En la siguiente tabla se muestra cómo va cambiando el aprendizaje de algunos conceptos de química, según la etapa de desarrollo del alumno (Shayer y Adey, 1986). En el caso de los cambios de estado, el estudiante pasa de sólo utilizar información, cómo la del líquido que se convierte en vapor, a explicar por medio del modelo de la teoría cinética esos cambios, y a relacionarlos con otros datos como involucrar al calor latente y el equilibrio.

Tabla 3.4 Aprendizajes de algunos conceptos de Química según el Desarrollo Cognitivo

TEMA	CONCRETO INICIAL	CONCRETO AVANZADO	FORMAL INICIAL	FORMAL AVANZADO
Cambios de estado Teoría Cinética	Se usan informaciones parciales como un sólido <se convierte en agua>, un líquido <se convierte en vapor>	El hielo se convierte en agua; el agua se convierte en vapor; cada uno de estos procesos puede volverse atrás por enfriamiento. El calor causa la fusión el enfriamiento la solidificación. Imagen muy simple de teoría cinética que representa las moléculas muy juntas o muy separadas, pero que no se sabe aplicar a la realidad.	Con la ayuda de alguien que lo oriente, el sujeto puede aplicar la teoría cinética a la realidad y deducir que todos los materiales podrían existir como sólidos, líquidos o gases, dependiendo del estado de sus partículas. La licuefacción significa que todas las partículas se mueven con más rapidez y así pueden cambiar su posición. Se puede medir la cantidad de energía necesaria para hacer esto por ejemplo por medio de un calorímetro.	A este nivel, el modelo de la teoría cinética se usará deductivamente, por ejemplo, se explica cómo las partículas en el vapor están muy separadas y que sin embargo el vapor pueda ser fácilmente comprimido. La fusión y la evaporación son procesos de equilibrio. El calor latente es la energía necesaria para vencer la barrera de potencial entre el líquido y el vapor. Pueden compararse diferentes barreras de potencial en distintos líquidos comparando cantidades equimolares.
Compuestos, reacciones y su representación química.	Usa los nombres, pero sólo asociativamente. No da contenido a la nomenclatura química, por tanto no es posible la representación.	Recuerda las combinaciones químicas, sin apreciar aún las reglas generales. La composición de los compuestos deducida por una especie de nemotécnica, por ejemplo, el agua está compuesta por hidrógeno y oxígeno. Puede usar ecuaciones con letras para indicar una reacción reversible, como la producida por el calor sobre el sulfato de cobre hidratado. Pero la palabra "cobre" en ese nombre se usa meramente como una etiqueta, por tanto, la ecuación es sólo una afirmación de un hecho	Puede entender la conservación de los elementos en una reacción de intercambio, por tanto, tiene por primera vez un modelo de reacción química. Puede hacer ecuaciones químicas si se ha ejercitado mucho hasta aprender las reglas del juego. Comprende la relación entre las ecuaciones químicas y las reacciones, pero aún no se puede esperar que el alumno sepa usarlas para estimar cantidades, excepto cuando lo ha aprendido por la práctica en situaciones específicas. Puede usar la teoría atómica y modelos simples de estructuras atómicas para explicar el cambio químico.	Uso funcional de los símbolos químicos. Sigue el enfoque de Nuffield en el aprendizaje de las ecuaciones: de la situación experimental, pasa a la idealización más aproximada de los hechos que se ajustan a la medida y que aquí a la ecuación ajustada. Usa deductivamente el concepto de mol, y puede analizar un problema para ver cómo aplicar el paso a moles o molaridades y el paso opuesto a volúmenes o masas. El equilibrio se entiende como un proceso dinámico entre las sustancias reactantes y los productos.

--Por otra parte, Guidoni, menciona que **pensar** (elaborar "modelos del mundo"), **experimentar** (intervenir en el mundo) y **comunicar** (generar lenguajes para relacionar los modelos y las intervenciones) son tres dimensiones que interaccionan para generar conocimiento personal y sugiere que cuando hay coherencia entre las tres dimensiones, se adquiere conocimiento significativo. Concluyendo que es importante planificar a la vez, lo lingüístico lo teórico y lo experimental, puesto que el conocimiento no está en la

naturaleza, sino en nuestra interacción con ella, como lo afirma Vygotsky. Las vías de acceso al conocimiento son muchas, pero siempre han de acoplarse las tres dimensiones de la cognición: hacer, pensar, comunicar.

Acerca de los Modelos del mundo, Mercè Izquierdo afirma:

*“Los Modelos pueden llegar a definirse con lenguajes muy sofisticados, pero lo esencial del modelo ya está en el Hecho que resultó Ejemplar, del cual se puede hablar adecuadamente de muchas maneras. Lo importante es ver que el Hecho Ejemplar es un Modelo para otros hechos similares que reciben la misma explicación, y no lo es para otros que no se pueden explicar de la misma manera” (Izquierdo, 2005a):*

--Según White (Izquierdo, 2005a), los contenidos que dan lugar a actividad científica escolar, presentan determinadas “Dimensiones” que pueden ser abordadas en la actualidad con los recursos teóricos y prácticos que proporciona la Didáctica de la Ciencia (DC). Solo si se piensa en “ciencia para la ciudadanía”, se recomienda tomarlas en cuenta:

*Tabla 3.5 Algunas dimensiones de los contenidos que pueden ser desarrolladas a partir de aportaciones actuales de la DC*

<b>Dimensiones de los contenidos (White, 1994)</b>	<b>Aportaciones actuales de la DC</b>
Apertura a la experiencia común	Contar con las concepciones alternativas
Abstracción	Organizar la actividad escolar a partir de los modelos teóricos o las ideas estructurantes
Aceptar la presencia de palabras comunes	Dar prioridad a la comunicación mediante el lenguaje cotidiano antes de introducir los términos científicos
Tener en cuenta que los alumnos utilizan modelos alternativos con poder explicativo	Desarrollar argumentación científica en el aula para sustentar el proceso de modelización científica
Complejidad	Trabajar en las tres dimensiones: hacer, pensar, comunicar
Han de poder emocionar	Conectar con los motivos que hacen que los estudiantes quieran aprender y desarrollar procesos de metacognición
Han de poder conectar con los otros conocimientos que también se irán aprendiendo	Se han de estructurar las ideas básicas e irreductibles para continuar aprendiendo

También requiere tener en cuenta las “Dimensiones”, al seleccionar los elementos que se han de enseñar, como se proponen en los siguientes puntos (Izquierdo, 2005b):

- Los núcleos conceptuales de los temas deberán ser organizados alrededor de los Modelos Teóricos apropiados y las vías de acceso a los conocimientos estructurantes.
- Los procesos de justificación para el desarrollo de los temas y de los Modelos, con sus estrategias de progresión donde se ha de prever lo que se ha de saber hacer, lo que se ha de saber escribir, representar, decir, los problemas que se llegarán a plantear y los que se pueden resolver.
- Los criterios para conectar con otros conocimientos, reconocer los conocimientos nuevos que pueden conectarse entre sí y los que han de dejarse para otro momento.

Con rigor, los temas deberían ordenarse alrededor de los «modelos» básicos que permitan interpretar conjuntos de fenómenos Y, tal como lo menciona Izquierdo, estos modelos básicos no son ni los más modernos ni los más antiguos; son los que agrupan las ideas que fundamentan los conocimientos y que tiene como uno de sus propósitos, enseñar a razonar.

### **3.6 ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

La enseñanza o Didáctica de las Ciencias es relevante debido al valor social concedido, desde hace ya décadas, a la educación científica, una importancia que ha ido creciendo y que ha experimentado, últimamente un cambio cualitativo. En efecto, el valor tradicional concedido a las inversiones en educación científica y tecnológica, para hacer posible el desarrollo futuro de un país, ha dado paso al convencimiento de que la alfabetización científica de todos los ciudadanos y ciudadanas constituye una exigencia urgente, un requisito también para el desarrollo inmediato (Gil y Carrascosa, 1999).

“En un mundo repleto de productos de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos”. No es extraño, por ello, que se haya llegado a establecer la analogía entre la alfabetización básica iniciada el siglo pasado y el actual movimiento de alfabetización científica y tecnológica (Fourez, 1997).

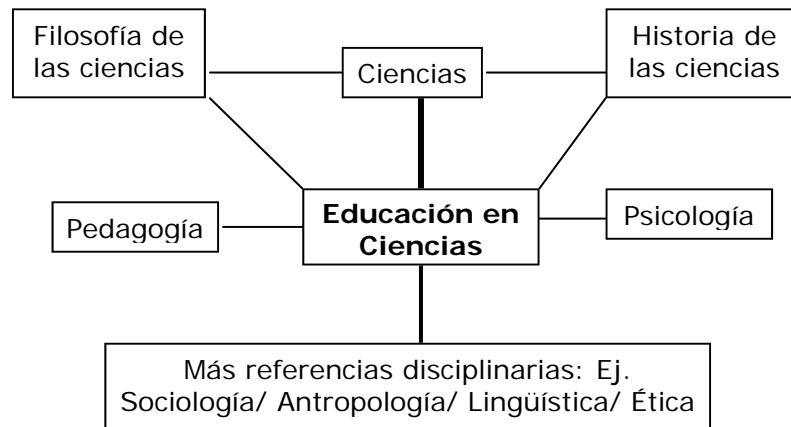
Junto a esta alfabetización científica, nos encontramos, con un grave fracaso escolar, acompañado de un creciente rechazo de los estudios científicos y de actitudes negativas hacia la ciencia.

Estos hechos determinan una problemática que ha dado origen, primero, a intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias que cuentan con una larga tradición, y el creciente desarrollo de una investigación específica en torno a los problemas de

enseñanza y aprendizaje de las ciencias, es decir, a la emergencia de un nuevo campo de conocimientos, la Didáctica de las Ciencias (DC).

Para ello ha sido necesario, un largo período de innovaciones, que han ido mostrando sus limitaciones y la necesidad de estudios más rigurosos Ej. Ausubel, Giordan, Gil, Hodson, Millar y Driver, etc.

El desarrollo de la DC durante los años 80 y 90, ha sido tan pujante que White lo ha calificado como una auténtica revolución que ha dado lugar a una nueva disciplina científica para un tratamiento más riguroso y eficaz de los problemas de enseñanza-aprendizaje de las materias científicas. Esta disciplina posee relaciones no sólo con la psicología educativa, sino también con la historia y filosofía de las ciencias como se muestra en la Figura 3.1 (Reinders, 2007):



*Figura 3.2 Referencia Disciplinar para Educación en Ciencias*

La educación en ciencias es entonces interdisciplinaria, donde claramente la ciencia es la principal referencia, pero hay competencias en otras disciplinas que son también necesarias, como:

- La **filosofía e historia de las ciencia** proporciona el modelo para analizar la naturaleza de ciencia de una manera crítica, y la contribución particular de la ciencia para entender "el mundo", p. ej. la naturaleza y la tecnología.
- La **pedagogía** y la **psicología** proporcionan competencias para considerar si un cierto tema vale la pena enseñarlo y realizar estudios empíricos si éste puede ser entendido por los estudiantes. Hay más referencias de disciplinas que entran en juego, tales como, la lingüística que puede proporcionar marcos para analizar el discurso de

aula o conceptualizar el aprendizaje de las ciencias como una introducción a una nueva lengua o ética para enmarcar la instrucción en aspectos morales.

Shulman (1987) sostiene que el maestro necesita un gran espectro de diferentes competencias con su concepción de “conocimiento pedagógico del contenido” (en inglés se refiere al PCK- Pedagogical Content Knowledge, y en español como CPC- Conocimiento Pedagógico del Contenido).

Desde el punto de vista de la DC se tiene que:

*“Cuando un profesor es consciente de las decisiones que toma y empieza a querer justificarlas, a compararlas con las de otros profesores, a priorizarlas, a gestionarlas para llegar a los fines deseados, etc. necesita nuevos conocimientos (de filosofía de la ciencia, de pedagogía, de ciencia cognitiva, de lingüística), que se trenzan con los de la materia científica que se enseña” (Izquierdo, 2005a).*

Esto es la DC (Izquierdo, 2005b) y está pensada para enseñarla a audiencias diversas. Ve los contenidos de ciencias desde la perspectiva de tener que enseñarlas, que se aprendan y además que se pueda aplicar, por lo que fijará su atención en alumnos, profesores y contenidos.

Con respecto a las diferentes áreas relacionadas con la didáctica de las ciencias, a continuación se mencionará el aporte de algunas de estas.

### **3.6.1 Filosofía (mitos o imágenes deformadas de la ciencia)**

La manera de pensar sobre la ciencia, y sobre el quehacer de los científicos dio paso a la primera conferencia Internacional de Filosofía de la Química en 1994, y la revista Foundations of Chemistry, dedicada a la misma temática fue publicada desde 1999. En la actualidad, existe una revista en línea, HYLE, y numerosos libros donde se realizan análisis filosóficos de química (Gilbert, 2002)

Con respecto de lo que es la ciencia, muchos profesores tienen la idea de que es estática, confían en la ciencia y en la tecnología ciegamente, piensan que la ciencia no falla y que el único método para generar conocimiento es el Método Científico.

Actualmente, existen diferentes autores que han escrito acerca de lo importante de esta visión y dan un panorama diferente y más acorde con lo que hace, como la que plantea León Olivé (Olive, 2000), en los siguientes puntos:

- La ciencia es un sistema racional y hasta el momento el mejor camino para producir conocimiento del mundo y para intervenir en él utilizando dicho conocimiento (Kuhn).
- La ciencia no es estática.
- Podemos confiar en la ciencia por la sencilla razón de que ofrece conocimiento confiable acerca del mundo y nos lleva a obtener resultados los cuales resuelven problemas de curiosidad, teóricos, etc. Sin embargo no podemos confiar ciegamente en la ciencia y tecnología, ambas tienen límites.
- La ciencia es falible pero tiene que ser confiable de ahí la importancia del método a seguir para obtener conocimiento, siendo el método científico uno de tantos ya que la ciencia es metodológicamente plural (capítulo IV). El pluralismo axiológico de la ciencia). Visión rígida (algorítmica, exacta, infalible...) que presenta el “Método Científico” como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente... olvidando -o, incluso, rechazando - todo lo que significa invención, creatividad, duda.
- Se pierde de vista que, “todo conocimiento es la respuesta a una cuestión”, a un problema como afirma Bachelard (Bachelard, 2000), ya que se presentan conocimientos ya elaborados que no muestran los problemas que generaron su construcción, ni las limitaciones actuales o las perspectivas abiertas.
- La educación científica tiene como *objetivos* tratar de transformar a las personas para que adquieran unos mínimos, tanto en lo que respecta a los conocimientos teóricos como a los prácticos promoviendo además valores, como la excelencia y la creatividad.

### **3.6.2 Historia (modelos evolutivos del cambio químico)**

En este punto es importante mencionar que en química es necesaria la elaboración de modelos para explicar hechos, y que éstos se han ido modificando con el paso del tiempo. En cinética química, por ejemplo el mecanismo del cambio químico ha sido explicado por varios modelos desarrollados a través de la historia de la química (Erduran, 2001).



Tabla 3.6 Cambio Químico explicado por varios Modelos

Modelo	Cambio químico
Modelo “ <i>antropomórfico</i> ”	Describe un cambio químico en términos de la prontitud de los componentes para interactuar uno con el otro.
Modelo de “ <i>afinidad corpuscular</i> ”	Acentúa el cambio químico en términos de afinidades atómicas.
“ <i>El Primer modelo cuantitativo</i> ”	Introduce la noción de la proporcionalidad de reactivos para que el cambio químico ocurra.
El Modelo “ <i>mecanismo</i> ”	Comenzó a resumir los pasos en una reacción química.
Modelo “ <i>termodinámico</i> ”	Atrae la atención al papel de las colisiones entre partículas (con energía suficiente) en el cambio químico.
Modelo “ <i>cinético</i> ”	Introduce la idea de la frecuencia de colisiones entre partículas.
Modelo “ <i>mecánica estadística</i> ”	Depende de la mecánica cuántica e identifica una reacción química como el movimiento de un punto en el espacio de la fase.
Modelo “ <i>estado de transición</i> ”	Proporciona una conexión entre los modelos cinéticos y termodinámicos uniendo los conceptos de concentración y velocidad.

De lo anterior, es importante evaluar, cómo se han tratado los modelos convencionalmente en el aula:

**Primero**, los modelos químicos han sido presentados a los estudiantes como versiones finales de nuestro conocimiento de la materia: copias de moléculas verdaderas y las representaciones tentativas. Los motivos, las estrategias y los argumentos fundamentales del desarrollo, la evaluación y la revisión de modelos químicos se omiten.

**Segundo**, los libros de texto a menudo no aclaran las distinciones entre modelos químicos sino que presentan con frecuencia “los modelos híbridos”, el ejemplo siguiente ilustra una confusión común en libros de texto sobre modelos:

El NaOH es una base fuerte, el  $Na^+$  es un ácido conjugado muy débil; por lo tanto, no tiene tendencia para reaccionar con  $H_2O$  para formar NaOH y  $H^+$  ion.

La primera declaración se basa en el modelo de Arrhenius de ácidos y bases. La segunda declaración se puede interpretar en términos del modelo de Brønsted-Lowry. Cuándo y por qué un modelo nuevo se utiliza, y cómo este modelo difiere de otro, no se explica usualmente en los libros de texto.

**Tercero**, se piensa que los modelos físicos aportan información conceptual. Su uso se justifica en ideas de Piaget acerca de que los estudiantes en etapas operacionales concretas (el pensamiento está centrado en la realidad) en particular, necesitan modelos concretos para entender la estructura molecular.

Por otra parte, la comprensión sobre los modelos químicos se ha caracterizado en términos de tres niveles en el pensamiento de los estudiantes:

- En el **primer nivel**, los estudiantes piensan en modelos como juguetes o copias de la realidad que puede ser incompleta porque ellos fueron diseñados intencionalmente como tal.
- En el **segundo nivel**, los modelos se consideran para ser producido conscientemente para un propósito específico, con algunos aspectos de la realidad para ser omitido, suprimido o aumentado. Aquí, el énfasis es todavía sobre la realidad y el modelado antes que en las ideas representadas, como es el caso con el primer nivel de comprensión.
- En el **tercer nivel**, un modelo se ve para ser construido para desarrollar ideas, antes que una copia de la realidad. El modelador es activo en el proceso de modelado. Los estudiantes demuestran poca comprensión de modelos químicos en este tercer nivel. Muchas concepciones de los estudiantes sobre modelos como representaciones de la realidad persisten aún después de instrucción explícita en modelos.

### 3.6.3 Pedagogía y Psicología

A mediados de la década de los cincuenta se produce la «revolución cognitiva», y con ella se introduce el concepto de representación mental: las personas tienen ideas, imágenes y diversos lenguajes en su cerebro-mente, que son importantes y pueden ser estudiadas y modificadas. Éstas son las teorías cognitivas que, según Talanquer, han sido una de las causas de cambios radicales en la educación en ciencias en los últimos 25 años (Talanquer, 2000).

Las teorías cognitivas del aprendizaje, como las ideas de Piaget, Vygotskii y el constructivismo, son desarrollados alrededor de ideas tales como: aprendizaje significativo, teorías (concepciones) alternativas, conflicto cognitivo, asimilación, reestructuración, cambio conceptual, aprendizaje cooperativo, etc. En el constructivismo se distinguen además diversas áreas de especialización como son: teorías alternativas, resolución de problemas, metas curriculares, desarrollo de habilidades intelectuales, razonamiento crítico, asuntos de género, multiculturalismo, evaluación, formación de docentes, estrategias educativas.

Con respecto al constructivismo (Gil y Carrascosa, 1999), existen algunos debates desde el punto de vista simplista que señalan Carretero y Limón con la frase “tomemos

los conocimientos previos del alumno, planteémosle conflictos cognitivos y modifiquémoslos”. Este debate es debido a que ciertas concepciones alternativas son resistentes a la instrucción.

Hablar de constructivismo en la enseñanza de las ciencias no supone un preparado con algo de Piaget, Kelly, Bachelard, etc. Es necesario construir un cuerpo de conocimientos propio en torno a los problemas específicos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. A lo que Carretero y Limón agregan “la amplia aplicación al término constructivismo en diferentes contextos parece haberle dotado de una cierta generalidad y vaguedad”, que permite, incluso calificar de “constructivista” lo que cada cual ha hecho siempre (“yo explico los conocimientos y mis alumnos lo reconstruyen en su cabeza”). El constructivismo no sería sino una interpretación del aprendizaje y no tendría nada que decir acerca de la enseñanza.

Gil y Carrascosa agregan que para esto hay que resaltar y reforzar la idea de avance hacia la construcción de un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias capaz de desplazar la transmisión-recepción y, en definitiva, de avance hacia la conformación de la DC como nuevo campo de conocimientos.

A partir de esto, se ha desarrollado desde la década de los ochenta, una línea de investigación que pretende caracterizar, describir y explicar, tanto el conocimiento que el alumno elabora antes de su exposición a la enseñanza como el conocimiento cotidiano. La ciencia cognitiva se interesa en cómo se forma el conocimiento humano; y muestra que es posible generar conocimiento, pero no de todo ni de cualquier manera. Al mismo tiempo, destaca la importancia de la motivación y de la capacidad de tomar decisiones en este proceso.

#### **3.6.4 CTS**

La corriente educativa conocida como Ciencia-Tecnología- Sociedad (CTS) es otra de las fuerzas impulsoras de la transformación de la enseñanza de las ciencias. Las últimas dos décadas, una de las tendencias más notorias en los planes de estudio de química ha sido utilizar contextos y aplicaciones como un medio para desarrollar principios químicos. Estos incluyen los usos sociales, económicos, ambientales, tecnológicos e industriales de química (Gilbert, 2002).

En el nivel primario y secundario, el principal criterio de selección para contextos ha sido su importancia en la vida diaria de los estudiantes, percibido por profesores y

educadores, que son desde luego adultos. Poco trabajo ha sido hecho para descubrir directamente de los estudiantes los contextos que ellos encuentran en particular relevante, con la necesidad de, formar ciudadanos responsables, con los conocimientos, habilidades, actitudes y valores necesarios para enfrentar problemas individuales y sociales y tomar decisiones en un mundo donde los productos de la ciencia y la tecnología son parte esencial de la vida cotidiana.

### 3.7 EL PAPEL DE LA REACCIÓN QUÍMICA EN EL BACHILLERATO

Uno de los contenidos básicos y fundamentales que debe estar en la asignatura de química, es sin duda el tema de reacción química, ya que se considera que en este tema se centra toda la química y por lo mismo una gran cantidad de conceptos. Autores como, Holman (2001), Gillespie (1997) y Atkins (2005), al contestar a la pregunta, ¿qué aspectos de química debería cada ciudadano conocer, al terminar la escuela?, señalan lo siguiente:

*Tabla 3.7 Conceptos necesarios al terminar el ciclo escolar*

J. Holman	Ronald Gillespie	P. Atkins
<b>Para cualquier ciudadano de 16 años, no sólo al especialista.</b>	<b>Para futuros ingenieros y estudiantes de medicina</b>	<b>Para ingenieros, biólogos, médicos, físicos Para cualquier ciudadano culto.</b>
<p>Todo está hecho de átomos y moléculas.            Son muy pequeñas.            Se mueven todo el tiempo.            Compuestos (composición química fija y constante).            Todas las cosas están hechas de elementos.            Cada sustancia química pura tiene una fórmula fija.            Sustancias particulares son idénticas, sin importar como fueron preparadas.  <u><b>La idea del cambio químico</b></u></p>	<p>Átomos, moléculas, e iones  <u><b>Reacción Química</b></u></p>	<p>La materia es atómica.            Las propiedades de los elementos muestran periodicidad.  <u><b>Hay energías para la reacción.</b></u>  <u><b>Existen solo cuatro tipos de reacciones</b></u></p> <p>Hay sólo un tipo de reacción, pero se puede pensar como uno de cuatro procesos: la transferencia de un protón (reacción ácido base); la transferencia de un electrón (reacción redox); el compartir de electrones (reacción de radicales); y el compartir de pares de electrones (reacción ácido-base de Lewis).</p>

Gillespie al contestar a la pregunta, las menciona como “grandes ideas de la química”, y la profundidad depende del nivel del curso. En palabras de Gillespie, -“Quizá la más importante -es la reacción química-porque las reacciones son el corazón de la química”.

También menciona que:

“El principal problema es que sobrecargamos el curso del estudiante de primer año con estos conceptos ya que frecuentemente se presentan con más detalle que el necesario para entender el nivel apropiado que el estudiante necesita”.

Por su parte, Atkins menciona que son nueve las ideas centrales, pero entre ellas está, el tema de reacción química, al igual que la menciona Holman.

### **3.8 DIFICULTADES EN LA ENSEÑANZA DEL TEMA REACCIÓN QUÍMICA EN EL BACHILLERATO**

Una manera jerárquica de su enseñanza tradicional “se plantea a partir de la naturaleza corpuscular de la materia, pasa por la separación de mezclas y la distinción entre elementos, compuestos y mezclas, hasta llegar a las reacciones químicas, conceptos importantes como enlace químico, velocidad de reacción y así sucesivamente” (Kind, 2004). Esta secuencia de enseñanza presenta cuatro dificultades importantes:

- 1.- El pensamiento del estudiante no se consolida, por falta de tiempo.
- 2.- Al comenzar con una gran variedad de términos diferentes, y cada uno con significados específicos puede confundir a los alumnos al momento de introducir el tema de reacción química y resulte en entrelazamiento de conceptos.

(En este punto, el profesor habla indistintamente de elemento químico, sin hacer la distinción que en el nivel macroscópico se trata de sustancias simples y que en el nivel nanoscópico equivale a moléculas, átomos o iones. Por otro lado el idioma de la química con significados tan específicos da como resultado que se usen indistintamente los términos sustancia, elemento, átomo, (Taber, 2002).Ej.

❖ “Un elemento es una sustancia que no puede descomponerse en sustancias más simples”.....(nivel macroscópico)

❖ “Un elemento es una sustancia que está hecha de solamente una clase de átomos”..... (nivel nanoscópico)

❖ “Un elemento es una sustancia que está hecha de solamente una clase de átomos que no puede descomponerse en sustancias más simples”.....(nivel macroscópico y nanoscópico)

3.- Al enseñar reacción química se hace demasiado énfasis en detalles, dejando de lado lo importante que es la formación de una nueva sustancia —o más— de tal forma que al final de muchas explicaciones los estudiantes aún la confunden con los cambios de estado y las disoluciones. (La disolución la perciben como una reacción porque cambian las propiedades del agua como: conductividad, pH y, la idea de que la leche que ha llegado a agriarse es aún leche).

4.- Aunque se logre comprender las diferencias entre elementos, compuestos y mezclas, al explicar la reacción química con modelos de la materia, los estudiantes atribuyen a las partículas, las mismas propiedades macroscópicas que a las sustancias.

(El modelo corpuscular para la materia es bastante pobre —y no la comprenden porque no “aceptan” aquello que no perciben (Pozo y otros, 1991; Driver, 1985).

Todas estas dificultades dan paso a que los alumnos no reconozcan cuándo ocurre una reacción química

### **3.9 PROBLEMAS EN EL APRENDIZAJE DEL TEMA DE REACCIÓN QUÍMICA**

En las últimas dos décadas se han publicado numerosos artículos y se han realizado diversas revisiones sobre las dificultades de los estudiantes para entender los múltiples significados sobre el tema en cuestión (i. e. en cada nivel de representación macrosópico, nanoscópico y simbólico) de las reacciones químicas.

Con respecto al nivel macroscópico se han detectado las siguientes dificultades de aprendizaje recurrentes (De Jong y Taber, 2007):

- Algunos estudiantes no reconocen al cambio químico como un proceso porque no comprenden el concepto de sustancia. Por ejemplo, estudiantes interpretan el producto de un cambio químico como una mezcla donde la sustancia original aún persiste.
- Creen que durante el cambio químico las sustancias y sus propiedades se conservan y aquellas sólo cambian de lugar. Así, ellos piensan que el humo sigue siendo madera quemada.
- Piensan el cambio químico como cambio físico, Ej. hay modificaciones en las propiedades de las sustancias pero éstas siguen siendo las mismas, aunque la mayoría

de los alumnos señalan sólo el cambio de color como única evidencia del cambio químico (Izquierdo, 2005b).

- Por ejemplo, estudiantes piensan que al quemar cobre la capa oscura que aparece es cobre pero ahora negro o quemado.
- Creen que el cambio químico es una transmutación de una sustancia en otra o en energía. Así, estudiantes creen que quemar fibra de hierro se transforma en carbón.
- No se dan cuenta de la importancia de reactivos “invisibles” que interaccionan o se forman, como en el caso de sustancias gaseosas. Por ejemplo, al oxígeno casi nunca se le menciona en las transformaciones sufridas por los materiales de la combustión ni en la formación de los productos de ésta y, por lo tanto, la masa de un clavo oxidado es la misma que la del clavo inicial.
- Tienden a considerar las propiedades de las sustancias como otra sustancia. Así, al disolver azúcar en agua, ésta desaparece pero su dulzura permanece.

Con respecto al nivel nanoscópico las dificultades más frecuentes son:

- Algunos estudiantes le atribuyen características macroscópicas a las moléculas o átomos y características nanoscópicas a las sustancias. Ejemplos típicos son: pensar que una molécula de agua es una gota pequeña del líquido y puede usar expresiones como “las sustancias intercambian los electrones más externos”
- Aunque tengan conocimientos de átomos y moléculas, no consiguen dar explicaciones de la reacción química con ellos.
- Tienen poca habilidad para dar una explicación nanoscópica de reacción química en términos de un proceso dinámico. Por ejemplo, no se refieren al reacomodo de átomos, o sea, el rompimiento y formación de nuevos enlaces.

Con respecto al nivel simbólico las dificultades más comunes son las siguientes:

- Algunos estudiantes tienden a percibir una fórmula como una representación unitaria de una sustancia, más que un conjunto de partículas, y tienden a interpretar las fórmulas de los compuestos en una proporción aditiva más que como en una interacción. Un ejemplo es que interpretan la fórmula  $H_2O$  como  $H_2$  y  $O$ .
- Tienen dificultades en entender el significado de los subíndices de la fórmula y los coeficientes de la ecuación. Por ejemplo, tienden a cambiar los subíndices mientras balancean una ecuación química.

- Pueden considerar el balanceo de las reacciones químicas como la principal manipulación de símbolos sin mucha idea en el significado químico. Un ejemplo típico es considerar  $3H_2$  como seis átomos unidos.

Investigaciones recomiendan que para lograr su aprendizaje el alumno debe estar familiarizado con el concepto de sustancia, lo que se da por hecho en la educación tradicional, dando como resultado serias dificultades para reconocer cuando ocurre una reacción. (Kind, 2004).

Para Piaget, la construcción del concepto de que la materia está formada por partículas, fundamenta el desarrollo de la conservación de la materia y los cambios de apariencia son modelados en relación con redistribuciones de partículas indestructibles.



## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADO Y CONSIDERACIONES DE LA APLICACIÓN DE LAS CINCO SECUENCIAS EXPERIMENTALES**

En este capítulo se señalan algunos datos sobre los autores De Vos y Verdonk, de la propuesta llamada “A new road to reactions”, publicada en cinco artículos, en la revista *Journal of Chemical Education*, entre los años 1985 y 1987 (De Vos y Verdonk, 1985a y b, 1986 y 1987a y b).

También se mencionan antecedentes de su trabajo, y se detallan las ideas centrales de cada uno de sus artículos, constituidos en una macrosecuencia, que considera lo pedagógico, la didáctica de las ciencias y la disciplina. Asimismo se relata los resultados de la aplicación de cada secuencia a alumnos del primer y segundo semestre del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM. Basados en lo anterior, se proponen algunas modificaciones

#### **4.1 DATOS SOBRE LOS AUTORES**

Wobbe de Vos fue un gran conferencista en educación química en el Centro para la Ciencia y la Educación en Matemáticas en la Universidad de Utrecht, Holanda. Muchas veces fue invitado como orador principal en conferencias nacionales e internacionales. Publicó numerosos documentos en revistas científicas internacionales y en memorias de conferencias. Químico inorgánico que enseñó química tanto en escuelas secundarias como a nivel de universidad. Hizo un doctorado en educación química en 1985. Su campo de estudio fue la educación de profesores y la investigación en la estructura, la historia y el futuro del currículo de química en la escuela secundaria.<sup>17</sup> Educadores en química, investigadores, y practicantes lo recuerdan por sus contribuciones a la educación química tanto en Holanda como en el extranjero. Murió el 17 de julio de 2002.

---

<sup>17</sup> Estos datos están tomados de una breve semblanza curricular de Wobbe de Vos en la URL. <http://listserv.aera.net/scripts/wa.exe?A2=ind9911&L=aera&T=0&P=14509>

Adri Verdonk trabajó en la Universidad de Utrecht, en el departamento química inorgánica. Realizó investigación sobre educación química y se retiró en 1995 a una edad temprana.

#### 4.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En general, esta propuesta se basa en un programa iniciado por Wobbe De Vos en Holanda para investigar en dos años, en estudiantes entre 14 y 15 años de edad, el desarrollo de sus ideas macroscópicas acerca de los fenómenos químicos junto con su visión de la naturaleza de la materia. En el primer año, los alumnos comienzan el tratamiento de los conceptos de “sustancia química” y “reacción química”. En el segundo año, el programa se enfocó en la introducción de conceptos de “equilibrio químico” y “cinética química”.

De este programa inicial de dos años, Wobbe De Vos y Adri Verdonk armaron una propuesta sobre los conceptos de “sustancia química” y “reacción química” que intenta resolver algunos de los problemas que presenta su enseñanza tradicional, ya que no se basa en terminología detallada. En su lugar presenta actividades experimentales muy bien diseñadas para obligar a los estudiantes a pensar explicaciones sobre lo que ven, y que les ayuda a tener una perspectiva aceptada acerca de la reacción química.

Ésta propuesta ha tenido un impacto limitado, a pesar de su aspecto innovador y avanzado para cuando se publicó hace más de 25 años, Por ejemplo, al realizar una búsqueda bibliográfica, desde que se desarrolló la propuesta hasta 2008, en el banco de datos Web of Knowledge sobre los artículos que citan a los cinco artículos originales que forman la propuesta indicada, se obtuvo lo siguiente información:

*Tabla 4.1 Citas a los artículos de De Vos W. y Verdonk de la propuesta*

AÑO	VOL, PAG	NÚMERO DE CITAS
1987	64, 692	22
1987	64, 1010	6
1986	63, 972	9
1985	62, 238	9
1985	62, 648	4

El número de citas es promedio dentro del campo de la didáctica de las ciencias, y si se considera que muchas de estas citas son autocitas entonces estos artículos no han sido citados de manera sobresaliente.

Estos cinco artículos innovadores e integrales están dirigidos a profesores de tercer año de secundaria o primer curso del bachillerato (edad aproximada de alumnos 14 años). Cada artículo se basa en actividades experimentales para discutir y argumentar sobre diversas ideas, relacionadas a la introducción a las reacciones químicas.

Los detalles del análisis son el resultado, de mis interpretaciones expresadas en los puntos que se apegan al desarrollo secuencial propuesto por los autores, para no perder el sentido original de su trabajo y la intencionalidad, que destacó a lo largo de este análisis.

#### **4.3 DETALLES RELEVANTES DEL ARTÍCULO A NEW ROAD TO REACTIONS (PARTE 1).**

##### **COMUNICANDO LO BÁSICO**

###### *Desde la didáctica*

Se incluyen experimentos, que intrigan por el cambio de sustancias en otras y en su realización no hay distractores para el alumno sobre la atención del fenómeno (sin electricidad, llamas, ruido u otros efectos de energía).

###### *Actividad Experimental 1*

Se proponen actividades experimentales mezclando nitrato de plomo y yoduro de potasio en fase sólida en un mortero, ya que al machacar estas dos sales blancas resulta la aparición del hermoso color amarillo del yoduro de plomo.

Trabajan con equipos de 3 o 4 estudiantes, a quienes se les da dos pistilos, 2 morteros vacíos y dos vidrios de reloj, cada uno contiene pocos gramos del polvo blanco. Uno de los polvos es nitrato de plomo etiquetado como “minium blanco”. El otro polvo, yoduro de potasio, está sin etiquetar. Se les advierte que ambos polvos son peligrosos y no pueden tocarse.

La primera instrucción es poner la mitad de un polvo en un mortero y la mitad del otro polvo en otro mortero, después cada polvo es molido por separado con el pistilo del mortero, sin observar ningún cambio.

Se vacían los polvos de un mortero en el otro, y se continúa moliendo, percibiendo un color amarillo brillante.

### *Concepciones alternativas relativas a la Actividad Experimental 1*

Los autores manifiestan que algunos estudiantes verdaderamente intentan negar la existencia del color amarillo, comentando que uno de los polvos era casi amarillo, o que algunos granos de polvo blanco son como pequeños huevos. Por esto es que se usó la mitad de polvos para comparar con el color original o para que muelan cada una de las sustancias y observen si se tornan amarillas. Con esto desechan fácilmente estas ideas. Finalmente, todos los estudiantes eligen la misma frase para describir lo que habían visto: “se tornó amarilla”, sin especificar qué “lo ocasionó”.

### *Sugerencias para profesores*

El profesor, sin explicar la formación del yoduro de plomo sólido, solamente pregunta, una o varias veces. Lo más importante es que el estudiante llegue a la respuesta, como una victoria personal, de que la sustancia amarilla es nueva y abandone sus antiguas ideas. Esta respuesta descubre y formula una característica de la reacción química: una nueva sustancia ha sido formada, y si ningún estudiante da la respuesta deseada, el maestro puede sugerirlo.

### *Actividad Experimental 2*

Antes de la reacción del nitrato de plomo y yoduro de potasio, se introduce un experimento similar en el cual no se lleva a cabo ninguna reacción. Se mezclan muestras de colores predecibles, ejemplo, polvo de gis rojo y blanco dando una mezcla rosa. Bajo un microscopio los granos de cada uno de los ingredientes se pueden distinguir. El objetivo de este experimento es contrastar con el experimento del polvo amarillo.

### *Desde la didáctica*

La ventaja de trabajar con sustancias sólidas, en morteros y además sugerir otros experimentos adicionales más adelante comentados.

### *Soporte teórico desde la pedagogía*

Los autores fundamentan su secuencia en J. Piaget, quien señala que los niños desarrollan la idea de conservación de la sustancia junto con la conservación de masa y volumen cerca de los 10 años de edad, y aún a la edad de 14 se adhieren a la idea de que cada sustancia individual se conserva, pásele lo que le pase.

#### **4.3.1 Resultado y Consideraciones de la puesta en práctica de la secuencia experimental 1**

- La propuesta trata sobre reacción química de sólidos y muchos profesores desconocemos reacciones de este tipo. Las reacciones sólido-líquido, sólido-gas, líquido-líquido y líquido-gas, son más conocidas y usadas.
- Una de las características en la enseñanza del tema, es el que se da por hecho que los alumnos entienden que es una reacción química, por lo regular se indica erróneamente que ésta involucra cambio de propiedades, en lugar de destacar la formación de una o más sustancias nuevas con otras propiedades.
- Regularmente se hace una distinción superficial o incluso en detalle entre un cambio físico y uno químico, pero finalmente para los alumnos no es clara la diferencia entre estos. El problema es aún mayor, si la diferencia se da a nivel nanoscópico y afirmamos que en un cambio físico no se altera la naturaleza química fundamental de la materia. En esta propuesta no se hace énfasis en ésta diferencia, las actividades experimentales implican sólo lo que es y lo que no es reacción química.

Partiendo de los tres puntos de mayor incidencia en la enseñanza del tema, resultó ineludible aplicar la secuencia para buscar la mejora de la metodología de enseñanza.

Primero la probé en el laboratorio, se hicieron modificaciones que se detallan más adelante, posteriormente se trabajó con profesores del colegio y por último se presentó adaptada a los alumnos del Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel sur, turno matutino (capítulo 6).

#### Reseña de llevarla a la práctica

Al intentar reproducir en el laboratorio la actividad de los gises, como la plantean los autores, surgieron una serie de contratiempos, como es el que no se distinguían los gises a simple vista, ni en el microscopio. Cuando usé el mortero para moler los gises,

éstos quedaron embarrados en el pistilo, de tal suerte, que ya no fue posible distinguir prácticamente lo esperado y mencionado en el artículo. Así que fue necesario, probar otro equipo, diferente al mortero y desde luego otras sustancias como sulfatos de cobre, sulfato de níquel, etc.

Después de muchos intentos, llegué a la idea de utilizar el grafito en polvo de los lápices, que mezclado con el polvo del gis blanco, resultó lo esperado a simple vista, es decir, tomó una coloración gris homogéneo, pero con el microscopio estereoscópico se distinguían claramente los dos materiales. Además fue recomendable aplastar los polvos con una espátula, en un vidrio de reloj, para verlo directamente al microscopio.

También encontré recomendable usar, el vidrio de reloj, la espátula y el microscopio estereoscópico para trabajar el par de sustancias, yoduro de potasio y el nitrato de plomo, al igual que en los pares de los experimentos alternativos que se explican a continuación.

La estrategia sugiere **experimentos alternativos**, todos ellos con la finalidad de advertir que la característica principal y más importante de la reacción química, a nivel macroscópico, es la formación de **nuevas sustancias**. Estos experimentos los clasifica para información exclusiva del profesor en reacciones redox, ácido-base, y formación de complejos. Al considerar algunas sustancias peligrosas, o que no se encuentran en el cuadro básico del CCH, sólo utilicé las siguientes:

En la reacción de óxido-reducción.- Yoduro de potasio con sulfato de cobre II pentahidratado, se forma una sustancia café obscura y huele a yodo. Las sustancias responsables son la formación de yodo y yoduro de cobre, además de que se produce sulfato de potasio.

En las reacciones ácido-base.- El carbonato de sodio decahidratado reacciona fácilmente con ácido cítrico o con ácido ascórbico, aunque el ácido cítrico produce mejores resultados. Al juntarlos se forma una espuma por la generación del gas  $\text{CO}_2$ .

Para la formación de complejos. Se puede utilizar tanto el cloruro de hierro III como el II, con acetato de sodio, ya que ambos dieron buenos resultados. El cloruro de hierro III con acetato de sodio forma una pasta escarlata, aparentemente debido a la formación del complejo acetato de hierro III.

A manera de conclusión, es posible señalar los *aciertos* encontrados en esta secuencia, los cuales se orientaron en diversos criterios como:

*Desde la disciplina*

Los alumnos experimentan y describen la característica fundamental de la reacción química, ¡una nueva sustancia se ha formado!

*Desde la didáctica.*

Confrontar al alumno con las sustancias y las reacciones sin anteponer el nombre de las sustancias reactivas y sustancias que se producen. Porque esto favorece una mayor reflexión al explicar los cambios observados.

Trabajar con sustancias en estado sólido, debido a que no son conocidas por la mayoría de los profesores.

Presentar al alumno un cambio químico y un cambio físico al mismo tiempo. Porque se interpreta que para los autores es más importante que el alumno comprenda que es, y que no es, la reacción química, en lugar de mencionarlo como cambio físico.

Escuchar a los estudiantes. En la enseñanza tradicional es clásico que el profesor mencione, “¿ya vieron la reacción?”, sin darle oportunidad al los estudiantes de expresar lo que entienden. Muchas veces sólo toman lo que el profesor dice sin cuestionarse y sin darle importancia al fenómeno.

Lo *no adecuado*, desde mi óptica, que se modificó para solventarlo como aportaciones de acuerdo a los resultados obtenidos al aplicar la propuesta:

*Desde la didáctica.*

Con el par de gises, no se obtuvieron los resultados que los autores mencionan. Por lo que se utilizó un gis blanco y grafito, ambos en polvo.

El uso de mortero no fue adecuado, por tal motivo es que se propone utilizar vidrio de reloj y espátula. Además, el uso del microscopio estereoscópico, por ser más conveniente.

Los autores presentan su trabajo sólo a nivel de comentario, lo que propicia que pueda llegar a ser ambiguo y sujeto a diversas interpretaciones, no siempre afortunadas para la puesta en práctica. Dentro de los resultados obtenidos realicé diversas adaptaciones que fueron probadas con alumnos del CCH sur, de lo que resultó un protocolo experimental que considera los siguientes puntos:

Título.

Justificación.

Presentación.

Propósitos.

Materiales y sustancias.

Procedimiento (redacción de actividades detalladas con sugerencias al profesor).

Evaluación. Los autores no proponen forma de evaluar el aprendizaje.

Resultados. Al poner en práctica la propuesta adaptada.

#### **4.4 DETALLES RELEVANTES DEL ARTÍCULO A NEW ROAD TO REACTIONS (PARTE 2).**

##### ***PRECIPITACIÓN COMO UN FENÓMENO QUÍMICO***

###### *Actividad Experimental 1*

Los alumnos trabajan en grupos de tres o cuatro, a quienes se les da una caja Petri de 8 cm diámetro conteniendo una capa muy delgada de agua destilada o desionizada, dos espátulas, un vidrio del reloj con poco nitrato de plomo, y un segundo vidrio del reloj con un poco de yoduro de potasio. (al nitrato de plomo se le etiqueta como "minium blanco" y al yoduro de potasio como "courtoisite" ya que el francés Courtois descubrió el yodo).

Se les indica que coloquen la caja Petri en una posición horizontal y que pongan una cantidad pequeña del "minium blanco" (nitrato de plomo), con cuidado se coloca el agua cerca de la orilla de la caja. Después, utilizando una espátula limpia, colocar yoduro de potasio en el otro lado de la caja. Se les dice que tienen pocos minutos para dibujar este arreglo esquemáticamente en papel, sin tocar la caja Petri. Al dibujar, los estudiantes advierten de repente una línea amarilla delgada en medio de la caja Petri.

La línea crece lentamente de largo y a lo ancho, y después de pocos minutos la capa de agua parece ser dividida en dos partes iguales aproximadamente y en sus dibujos la línea resulta más o menos equidistante. Ya que el yoduro de potasio emigra más rápido que el nitrato de plomo, se coloca primero el nitrato en el agua para darle ventaja.

Al hacerles preguntas, la mayoría de las respuestas indican que consideran la línea como el lugar donde las dos sustancias se encuentran. Esto implica la suposición del transporte de ambas sustancias a través del agua.

Una interpretación que sugieren es que las "moléculas" de las sustancias empiezan de



cada lado a viajar en la caja a través del agua y, al chocar, combinan o cambian en moléculas de la sustancia amarilla.

La idea que una sustancia puede ser transportada por el agua es interesante desde el punto de vista de enseñanza, ya que no se basa en la observación directa sino en una interpretación. En la opinión de los autores, es importante que los estudiantes discutan sus razones para aceptar el transporte como una parte esencial de su explicación.

#### *Concepciones alternativas relativas a la Actividad Experimental 1*

Este estudio mostró que la migración de las sustancias se considera como resultado de la atracción mutua. Otra idea es la visión animista que estas dos sustancias “desean combinarse”.

#### *Actividad Experimental 2*

Para crear un conflicto cognitivo, se les indica repetir el experimento, esta vez poniendo primero algo de yoduro de potasio en el agua y esperando tres o cuatro minutos antes de agregar el nitrato de plomo en el otro lado, causando sorpresa cuando la línea amarilla resulta inmediatamente al adicionar el nitrato de plomo. Basados en esta observación, los grupos rechazan la teoría de atracción anterior indicando que el esparcirse de cada sustancia no depende de la presencia de la otra. Este esparcir espontáneo ahora puede ser referido como difusión o migración.

#### *Desde la didáctica*

El artículo menciona que la ventaja de utilizar la caja Petri es que puede analizarse y discutirse el fenómeno observado ya que la reacción ocurre a una velocidad que permite señalar temas como la disolución, migración y la reacción especialmente.

También se sugiere usar otros pares de sustancias, como azúcar y sal ordinarios, donde las sustancias no sólo se disuelven y emigran en el agua sino que también hay choques entre las moléculas, aunque no suceda ninguna reacción. Otros pares son el nitrato de plomo y la sal de mesa, el sulfato de níquel o cobalto junto con cromato de potasio, etc.

Los autores argumentan que la presentación de definiciones químicas como un método de enseñanza toma menos tiempo, pero la razón para escoger el camino más reflexivo y por tanto más largo, es que esperan que la comprensión de este concepto fundamental sea más profundo y aplicable, si es el resultado de una lucha personal del estudiante.

Por otra parte, el uso de experimentos atractivos, emocionantes, que impliquen una mayor demanda cognitiva, acompañados de preguntas desafiantes, incrementan el nivel de argumentación de los estudiantes. En la propuesta se hace énfasis en la importancia de escuchar a los alumnos.

#### **4.4.1 Resultados y Consideraciones de la puesta en práctica de la secuencia experimental 2.**

- Habitualmente la reacción muy conocida del yoduro de potasio con el nitrato de plomo se clasifica como reacción de precipitación y normalmente se realiza en tubos de ensayo o en un matraz. Esto es un serio impedimento para destacar lo que está ocurriendo; así que la propuesta es trabajar con cajas Petri, que brindan una mayor oportunidad de hacer notar el proceso que se efectúa durante la reacción química.
- Los autores proponen utilizar la reacción, no muy conocida, del sulfato de cobre con el yoduro de potasio para este mismo tema. No es tan llamativa, aunque también se observa el proceso, aunado a una menor contaminación

Partiendo de los dos puntos anteriores, apliqué la segunda secuencia al grupo 214 de Química II, turno matutino del CCH Sur. Alumnos del profesor Ramiro González Ayón, durante el semestre 2005-II. Después de lo cuál, se requirió hacer algunas modificaciones, los mismos que se relatan a continuación:

##### Reseña de llevarla a la práctica

En la primera y en esta segunda secuencia, los autores presentan actividades experimentales con nitrato de plomo, el cual, como se sabe, es tóxico. Aunque se utilizan muy pequeñas cantidades, no es recomendable, ya que si multiplicamos la pequeña cantidad por seis equipos y luego por cuatro grupos, el problema de uso de una sustancia tóxica como ésta, ya no es tan pequeño. Por lo que para no perder la riqueza didáctica de la reacción y hacer un uso más racional de la sustancia, se recomienda hacer la actividad experimental de manera demostrativa, y para que los estudiantes la vayan siguiendo muy de cerca, utilicé un instrumento llamado *cámara videoflex*, este se conecta a la televisión y así todos los alumnos pueden apreciar los cambios.

Otro problema, es que además es escaso el nitrato de plomo en la institución, por lo que fue necesario buscar otra sal de plomo que diera los mismos resultados. Así se

puede utilizar al acetato de plomo, que resultó conveniente para ésta secuencia (pero no para la primera, al trabajar con sólidos).

Para otras actividades de esta secuencia, utilicé el par de sustancias: azúcar y sal; hidróxido de sodio en una disolución diluida de ácido acético; yoduro de potasio con sulfato de cobre pentahidratado, todos estos pares con la finalidad interpretar que las sustancias se disuelven, que las partículas de las sustancias migran y que en algún momento habrá choques entre sus partículas y entonces ocurre o no, la reacción química.

En conclusión, los aciertos encontrados al poner en práctica las actividades de esta secuencia, se señalan a continuación, orientados en diversos criterios como:

Desde la disciplina:

Con las diversas actividades se enfatiza que la reacción química se lleva a cabo durante un proceso.

Percibir que en ese proceso las sustancias se disuelven, e interpretar que las partículas de las sustancias se mueven y migran a todas direcciones. Debido a esta migración, se producirán choques entre las partículas de las sustancias. Que no hay atracción entre las sustancias.

Desde la didáctica:

Utilizar los dos pares de sustancias; yoduro de potasio-nitrato de plomo, yoduro de potasio-sulfato de cobre. La primera les gusta más a los estudiantes y al preguntarles sobre el fenómeno, mencionan muchas de sus concepciones.

El uso de la caja Petri, ya que a la rapidez a la que se lleva a cabo la reacción, permite observar y describir el proceso de la reacción química, en comparación con los tubos de ensayo que utilizamos regularmente.

Desde mi óptica, lo que no se encontró conveniente al poner en práctica esta secuencia:

Desde lo ambiental:

Utilizar más sustancias contaminantes: como el sulfato de níquel o de cobalto.

No mencionan que hacer con los residuos.

Desde la didáctica:

Como ya se mencionó anteriormente de la primera secuencia, la forma en que

presentan los autores su trabajo, a veces no es clara y dificulta su interpretación, por lo que después de probarla, se presenta en un protocolo experimental.

#### 4.5 DETALLES RELEVANTES DEL ARTÍCULO A NEW ROAD TO REACTIONS (PARTE 3).

##### **ENSEÑANDO EL EFECTO DEL CALOR DE LAS REACCIONES**

###### *Desde la didáctica*

Se menciona que dadas las diferencias de conocimientos entre el maestro y el estudiante de química, los alumnos en su curso elemental tienen que estar familiarizados con conceptos fundamentales como “sustancia” y “reacción química”, y que en diferentes libros de texto de química de bachillerato, estos conceptos se dan por sentado o se introducen superficialmente. Como secuencia de los dos primeros artículos, el tema principal de este artículo es que los alumnos reconozcan al efecto del calor en las reacciones químicas, incluyendo los procesos exotérmicos y endotérmicos.

Las ideas centrales de este artículo son las siguientes:

###### *Concepciones alternativas en este artículo*

Los estudiantes reconocen la combustión de una vela como proceso endotérmico ya que se necesita calor para encenderla; difícilmente distinguen entre calor y temperatura; clasifican la reacción de cobre con oxígeno como endotérmica ya que el óxido de cobre se forma cuando una hoja de cobre se calienta en una llama de gas.

###### *Trabajo práctico*

Los autores, basados en ideas de Phanstiel (Phanstiel,1985), hablan de tres maneras de utilizar el trabajo práctico, partiendo de que en éste hay preguntas (P), respuestas (R) y experimentos (E). Éstos se pueden combinar para dar diferentes enfoques: PRE; PER; EPR o quizá apenas EP o E<sub>1</sub>PE<sub>2</sub>R.

En el enfoque **PRE**, el experimento surge después de que una pregunta y una respuesta se han dado, el experimento sirve para corroborar, demostrando que la maestra tenía razón, mostrando también que la química es un cuerpo sólido de conocimiento seguro, a menos que, por supuesto, el experimento "falle", lo que, en este enfoque, se debe evitar a toda costa.

El enfoque **PER** es ejemplo de todo el análisis químico, ya que después de hacerse una pregunta, se lleva a cabo un experimento para llegar a la respuesta. La química que se presenta a los estudiantes con este enfoque es como una ciencia que se encuentra constantemente avanzando y a un químico como un especialista que sabe cómo averiguar las cosas.

El enfoque **EPR**, comienza en el laboratorio con un experimento que no contesta preguntas, sino las plantea, éstas deben ser significativas dentro del contexto de la educación química, no sólo deben ocupar las mentes de los estudiantes sino también ayudarles a aprender cosas que valgan la pena.

En éste último, las preguntas en un principio serán formuladas por los profesores, con esto, los alumnos reconocerán que existen preguntas relevantes e interesantes, y posteriormente en forma ocasional ellos mismos las harán. Muestra también, que los químicos no aplican procedimientos rutinarios a todo tipo de problemas estándar sino que pueden llegar a estar confundidos y fascinados e incluso cambiar sus puntos de vista en el curso de su trabajo.

#### *Actividad Experimental 1*

Realizan tres actividades experimentales: la primera se lleva a cabo con aproximadamente 0,5 g. de fibra metálica dentro de un tubo de ensayo que contiene 5 mL de 0,5 M de una solución de sulfato de cobre. (Se debe tener cuidado y distribuir uniformemente esta fibra en la disolución). Esta reacción muestra la desaparición del color azul y formación de un precipitado café, pero al mismo tiempo se percibe que el tubo de ensayo llega a estar más tibio. No se necesita termómetro, se prefiere que los estudiantes sientan el cambio con sus propias manos.

#### *Concepciones alternativas relativas a la Actividad Experimental 1*

En este punto, la opinión de algunos alumnos fue que el aumento de temperatura era resultado o un producto de la reacción mientras que otros lo consideraron como parte de la reacción misma. Casi cada grupo aceptó que hay una relación entre el aumento de temperatura y la reacción.

#### *Actividad Experimental 2*

En el experimento dos, el cambio de temperatura no es acompañado por ninguno de los signos familiares de una reacción. Implica la adición consecutiva de ocho porciones de 2 mL de ácido clorhídrico 2 M a 10 mL de una disolución de hidróxido de sodio 2 M en un frasco pequeño. (para no desviar la atención de los estudiantes, las soluciones se

marcan "la Solución P" y "la Solución Q", respectivamente) advierten a los estudiantes de no tocar ni derramar cualquiera de las soluciones.

#### *Desde la didáctica*

Utilizan un termómetro para comprobar que ambas disoluciones están a la temperatura ambiente. Cuando la primera porción de ácido clorhídrico se agrega, la temperatura aumenta de 3 a 4 °C. Ningún otro cambio se observa. Las adiciones subsiguientes producen incrementos más pequeños hasta que se han agregado los 10 mL. Cuando la sexta porción se agrega, la temperatura cae de repente, sorprendiendo a los estudiantes.

Después de ser cuestionados, los estudiantes asocian los cambios de temperatura con una reacción química, pero como un fenómeno misterioso tomando lugar.

Para provocar una discusión más completa, formulan preguntas como: (1) ¿qué le habría sucedido a la temperatura si las porciones de 2 mL de la disolución de hidróxido de sodio hubieran sido adicionadas a 10 mL de ácido clorhídrico? Las discusiones más satisfactorias son siempre aquellas en que el aumento y la subsiguiente caída en la temperatura son tomadas en consideración.

#### *Actividad Experimental 3*

El tercer experimento que mencionan es utilizar polvo fino de carbonato de sodio decahidratado,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  y polvo fino de alumbre de hierro (sulfato de sodio hierro (III) dodecahidratado,  $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) o su análogo de potasio o amonio) que al ser mezclados con cuidado en un recipiente con un termómetro, la temperatura llega a caer 10°C o más. Este cambio puede sentirse si el recipiente se sostiene con la mano.

#### *Desde la disciplina*

El proceso muestra signos de una reacción química: los colores cambian rápidamente de púrpura pálido a café, la mezcla llega a ser más o menos líquida, y se oye un ruido peculiar. Los estudiantes no tienen dificultad en llamar a esto una reacción química, y al comparar se dan cuenta de que presencian un efecto del calor. En este punto los términos reacción química exotérmica y endotérmica se introducen y se utilizan en las discusiones del estudiante.

#### *Trabajo práctico*

Acerca del enfoque que se le debe dar a un experimento (Phanstiel, 1985), no debe sólo instruir a los estudiantes en cómo imitar el trabajo de un químico en el laboratorio

sino que debe ser "más como un diálogo entre el observador y el mundo natural que le rodea". Además, consideran la dimensión social como un aspecto importante para el proceso de aprendizaje, por lo que llevan a cabo los experimentos y contestan las preguntas en grupos pequeños de tres o cuatro. Por otra parte, la mayor parte de las preguntas se diseñan para estimular las discusiones en las que los estudiantes formulan las ideas intuitivas, utilizando activamente palabras nuevas en la descripción y argumentación.

#### *Desde la didáctica*

Concluyen que aunque las reacciones descritas no son muy espectaculares desde el punto de vista químico, los experimentos sencillos que muestran las cosas correctas en el momento correcto ofrecen mejores oportunidades de enseñanza y aprendizaje si son bien diseñadas y planeadas.

#### **4.5.1 Resultado y Consideraciones de la puesta en práctica de la secuencia experimental 3**

La propuesta comienza con la reacción entre el sulfato de cobre y alambre de hierro. Habitualmente se realiza en el tema de reacciones de óxido reducción y se le clasifica de desplazamiento.

La segunda reacción es entre el hidróxido de sodio y el ácido clorhídrico. Se le conoce como reacción de neutralización y comúnmente se realiza cuando se enseña el tema de reacciones ácido base. Se utilizan indicadores (algunas veces se hace mucho énfasis en los que son naturales), se comenta que es una reacción exotérmica porque libera energía, y algunos profesores hasta realizan gráficas.

En ninguna de las dos anteriores, se lleva a cabo una reflexión como la que propician los autores. Regularmente no se hace distinción entre temperatura y calor, utilizamos reacciones que requieren energía de activación y no hacemos distinción entre éstas y las reacciones endotérmicas. A veces hasta indicamos que son iguales.

Sobre los enfoques **PRE** (pregunta, respuesta, experimento) y **PER** (pregunta, experimento, respuesta), son los que los profesores manejamos generalmente en las actividades experimentales. El enfoque **EPR**, es el que los autores han utilizado hasta este momento, la mayoría de los profesores no lo manejamos, no por desconocimiento, sino porque pienso que no lo sabemos aplicar.

Considerando lo anterior, esta tercera secuencia la llevé a cabo en el salón de clase con alumnos de primer semestre, del grupo 136 semestre 2007-1. Con estos alumnos ya había trabajado las actividades experimentales de la primera y segunda secuencia.

Reseña de llevarla a la práctica.

Con respecto a esta tercera, no llevé a cabo todas las actividades. Las que no se realizaron fueron las correspondientes a las reacciones endotérmicas, porque no se contaba con las sustancias indicadas. Por tal razón, recomiendo en este caso, la consulta de una página de Internet (capítulo 6).

De la puesta en marcha de las actividades, se sugiere lo siguiente.

Es recomendable siempre al inicio de la actividad experimental, que los alumnos realicen una lista sobre las características de las sustancias a utilizar. Tanto a simple vista utilizando los cinco sentidos (sólo si es conveniente) como con ayuda del microscopio estereoscópico, para poder describir sustancias sólidas con mayor detalle. Es útil, del mismo modo, el uso del microscopio para observar las sustancias sólidas formadas y poderlas describir y diferenciar como nuevas sustancias.

En la reacción de fibra metálica con la disolución de sulfato de cobre, se les pidió a los alumnos que llevaran fibra para lavar trastes de su casa y que la cortaran con tijeras para colocarla dentro del tubo de ensayo. Es importante poner sólo un poco y acomodarla en el fondo del tubo sin que quede compacta

Por otra parte, por lo regular, los estudiantes están acostumbrados a que se les dé el nombre de las sustancias y el título de la práctica, porque en éste va involucrado lo que van a encontrar y discutir de ella, por lo que se sugiere indicar el número de la práctica o dar un nombre no tan formal. Al replantear la secuencia, se propone un título para profesores y otro para alumnos. Así, en la estrategia didáctica experimental 1, el título es “Juntar, revolver y aplastar. Fíjate que pasa”, en la estrategia 2 es, “¡Encuentro entre sustancias! ¡Y sin embargo se mueven! Y se encuentran las sustancias”. Para esta tercera estrategia se sugiere el título para alumnos, “¡Desvistiéndola más...!”, y para profesores, “Reacciones exotérmicas y endotérmicas. Dependiendo del título de la práctica, se puede agudizar más el pensamiento de nuestros estudiantes.

En conclusión, al poner en práctica las actividades que proponen los autores en esta secuencia, los aciertos encontrados fueron:



Desde la didáctica:

- El enfoque EPR resulta ser muy útil, ya que puede ayudar a despertar en los estudiantes mayor curiosidad, además se da a conocer la forma en que trabajan los investigadores.

Desde la disciplina

- Las sustancias que se utilizan en las dos primeras actividades son apropiadas para encontrar una relación entre la reacción química y los cambios de temperatura. La tercera no la pude poner en práctica por no tener las sustancias en el colegio.
- El trabajar primero con la reacción exotérmica que presenta la formación de una sustancia de otro color fue adecuado, ya que los alumnos relacionan este hecho a las dos estrategias anteriores. Posteriormente la actividad donde se percibe sólo cambio de temperatura.
- Trabajar reacciones de neutralización sin utilizar indicadores, ni señalando el tipo de reacción, tampoco nombrando las sustancias participantes.
- Qué conectan lo visto en las secuencias anteriores, con esta.

Los desaciertos que se encontraron en este trabajo fueron:

Desde la didáctica:

- La forma de presentar su trabajo, a veces no es clara. Los autores involucran muchos aspectos de la práctica docente a la vez, no sólo la parte conceptual.

Desde lo pedagógico:

- Que hablan de distinguir entre calor y temperatura, pero no indican como lo realizan.

## 4.6 DETALLES RELEVANTES DEL ARTÍCULO A NEW ROAD TO REACTIONS (PARTE 4).

### **LAS SUSTANCIAS Y SUS MOLÉCULAS.**

#### *Desde la disciplina*

Para estudiantes de química elemental, las sustancias se consideran como objetos, por lo que le atribuyen propiedades o características positivas o negativas para el hombre, o para la sociedad.

Para los profesores, el nombre de una sustancia se refiere a su composición en términos de elementos o átomos, cada sustancia se describe en términos de una lista de propiedades estándar y conocen procedimientos relacionados con éstas, para identificarlas y compararlas. Según las propiedades y estructuras de las sustancias, se dividen en grupos y subgrupos. Con base en estas categorías se puede predecir, preparar o descubrir sustancias nuevas.

Este concepto de sustancia química permite que una reacción química sea definida como un proceso en el cual las sustancias se convierten en otras sustancias, mientras que para los estudiantes el concepto es muy difuso. La enseñanza del tema de reacción química por lo tanto implica enseñar una forma disciplinada el concepto de sustancia.

#### *Desde la didáctica*

Los autores, al procurar enseñar este concepto químico, lo relacionaron con otros conceptos como moléculas y átomos, lo cual produjo mayores dificultades. Se dieron cuenta que este problema podía solucionarse de varias maneras, como: enseñando antes moléculas y átomos; enseñando sustancias y reacciones químicas sin referirse a moléculas y átomos o; utilizando las ideas previas que los alumnos tienen acerca de la naturaleza corpuscular de la materia.

Seleccionaron esta tercera opción, para lo cual, realizaron investigación con estudiantes de entre 14 y 15 años de edad, en su primer curso experimental de química básica.

#### *Concepciones alternativas*

En este artículo informan una parte de la lista de ideas que expresaron los alumnos como las siguientes: las moléculas tienen una temperatura, algunas son buenas conductoras de calor; tienen un estado de agregación; se pueden expandir; si la sustancia es suave entonces sus moléculas también; etc.

### *Estrategia*

Para enseñar los conceptos de sustancia y el tema de reacción, los autores deciden tomar en cuenta todas estas ideas, desarrollándolas simultáneamente con modelos científicos más aceptables. Como primer punto escogen introducir el término especie molecular como contraparte corpuscular del concepto de sustancia, explicando que todas las moléculas de una sustancia pertenecen a la misma especie, mientras que las moléculas de diversas sustancias pertenecen a especies diferentes.

### *Concepciones alternativas*

Análisis profundos les mostraron que la mayoría de los estudiantes atribuyen una identidad particular a una molécula y suponen que mantiene esta identidad a través de reacciones químicas.

### *Estrategia*

Una primera tentativa para resolver este problema fue declarar que todas las moléculas de una sustancia son exactamente semejantes en todo respecto usando la palabra "idéntica" para referirse a esta igualdad.

### *Concepciones alternativas*

A un segundo problema se enfrentan cuando los alumnos en un principio se niegan a aceptar que todas las moléculas de una sustancia sean iguales, ya que difieren de posición y movimiento, por lo que restringen más su explicación diciendo que las moléculas de una sustancia no difieren de ninguna manera excepto en la posición y el movimiento.

### *Actividad Experimental 1*

Utilizan ejemplos como disoluciones a diferente temperatura, cambios de fase y algunas reacciones para enfrentar a los alumnos, cuestionándolos sobre cómo son las moléculas en cada caso al principio y al final. En este punto los estudiantes no encontraron dificultad en interpretar que las transiciones de fase eran resultado de cambios en el movimiento molecular, y fueron capaces de explicar que la reacción química es un proceso que no puede ser interpretado sólo con cambios en la posición y movimiento de las moléculas.

## *Actividad Experimental 2*

Presentan la reacción de una lámina de cobre al calentarla y la sustancia negra formada la describieron como que ya no eran las mismas moléculas de cobre, pero posteriormente un tercer problema encontraron, ya que al calentar la malaquita

$\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$  y obtener el óxido de cobre, se negaron a que la nueva sustancia formada fuera óxido de cobre, ya que se habían preparado a partir de diferentes sustancias. Como resultado de esto, declaran entonces objetos idénticos si ellos no muestran ninguna diferencia, menos en la posición ni en el movimiento, aceptando con esto que el óxido de cobre puede prepararse por lo menos de dos maneras diferentes.

### *Soporte teórico*

Los autores afirman que su enfoque no resuelve todos los problemas y que la mayoría de las dificultades tienen que ver con la naturaleza hipotética del mundo corpuscular, por lo que mencionan que de Piaget conocen lo difícil que es discutir, cuando se empieza con una hipótesis, no obstante, piensan que representa un paso que orienta a los estudiantes desde sus primeras ideas corpusculares, pero auténticas, a por lo menos una comprensión básica de los conceptos de sustancia y reacción en química.

En esta etapa inicial en educación química aconsejan se debe estar satisfecho si los estudiantes pueden reconocer y describir una reacción química, y no se les debe forzar a más teorías explicativas. Más tarde, algunos de ellos pueden aprender que el color amarillo de azufre puede explicarse por transiciones de electrones entre niveles de energía.

### **4.6.1 Resultado y Consideraciones de la puesta en práctica de la secuencia experimental 4**

Los cursos de química en el bachillerato tienen en sus programas los conceptos de disolución y cambios de estado, y la mayoría de los profesores los comparan con la reacción química, pero cuando se hace, la pregunta que usamos es la siguiente: ¿La evaporación, es un cambio físico, o uno químico? Del mismo modo se hacen preguntas para cada cambio de estado o para la disolución. No formulamos muchas preguntas interesantes que choquen con las ideas de los estudiantes y les permita reflexionar.

También, preguntamos ¿Cómo son sus moléculas antes y después del proceso?, pero lo que no hacemos es comparar los cambios de estado, la disolución y la reacción química a nivel nanoscópico.

Por otra parte, frecuentemente los profesores no hablamos o no utilizamos la palabra sustancia, a no ser que se realice una actividad experimental, entonces mencionamos que sustancias se van a ocupar. En clase usamos las palabras, elemento o compuesto, sin ninguna relación con las sustancias.

Tomando en cuenta los puntos anteriores, esta cuarta secuencia la puse en práctica con alumnos de primer semestre del grupo 136 semestre 2008-1, del CCH Sur.

En esta cuarta secuencia me encontré con un problema cuando los autores hablan de “especie molecular” como contraparte corpuscular del concepto de sustancia. Esto debido a que no todas las sustancias son moleculares. Resulta que tanto las sustancias iónicas como las metálicas, están formadas por redes y no moléculas, y que algunas covalentes como el diamante y el grafito también.

Al no estar de acuerdo con este concepto, consulté a varios especialistas y al plantear el problema mencionado, se desprende el utilizar “partículas químicas” en lugar de “especie molecular”, término que propone el doctor Plinio Sosa, como un término de negociación conceptual que por lo pronto da salida y no involucra los problemas de especie molecular.

Como este concepto no es familiar al estudiante, también encontré conveniente empezar hablando sobre lo que se entiende por “partículas químicas”, para lo cual sugiero dos actividades previas que se exponen en la adaptación.

En resumen, al poner en práctica las actividades que proponen los autores en ésta secuencia, los aciertos encontrados son:

Desde la disciplina:

- El utilizar siempre el término de “sustancia”, aunque no den nombre de ellas.

Desde la didáctica:

- El haber trabajado en los primeros artículos el aspecto macroscópico de la reacción, y en este artículo el nanoscópico.
- Utilizar cambios de estado y disoluciones para comparar con la reacción química.
- Presentar dos reacciones diferentes, pero con la misma sustancia de producto.

Lo que encuentro, no conveniente de este trabajo es:

Desde la didáctica:

- La forma de presentar su trabajo, no es clara. Este artículo fue difícil su interpretación y su adaptación.

Desde la disciplina:

- Hablar sobre especies moleculares, como lo que conforma a todas las sustancias, ya que existen sustancias formadas por redes.

Concepciones alternativas:

- Mis alumnos no mencionan que las moléculas de una sustancia no sean iguales, porque difieran en posición y movimiento, por lo que no es necesario hablar de ello.

#### **4.7 DETALLES RELEVANTES DEL ARTÍCULO A NEW ROAD TO REACTIONS (PARTE 5).**

##### **LOS ELEMENTOS Y SUS ÁTOMOS.**

*Desde la disciplina*

Los autores afirman que, por una parte, la identificación de una reacción química depende de la habilidad para distinguir entre una y otra sustancias, y por otra parte, tener claridad en lo que representa una ecuación química.

Regularmente  $P + Q \rightarrow R$  no se enseña como un proceso durante el cual ambas sustancias P y Q cambian gradualmente hasta que ambas lleguen a ser R. En vez de eso se indica un proceso durante el cual las cantidades de P y Q disminuyen y simultáneamente la cantidad R aumenta.

Por lo anterior, los químicos y los estudiantes observan diferente una reacción. Por ejemplo en la esterificación un estudiante puede advertir los cambios graduales en el olor, la densidad, etc., durante la reacción, mientras que un químico advertirá los mismos cambios pero los atribuirá a una transformación en la composición de la mezcla de reacción. Para los químicos es la cantidad y no la cualidad de los participantes en la reacción, lo que cambia durante la misma, además las sustancias se vuelven otras.

Una crítica que presentan es que en la educación química elemental se acentúa lo anterior por la selección de experimentos de apariciones y desapariciones de

sustancias, que sí demuestran un aspecto fundamental de la reacción química como es la formación de productos totalmente diferentes de los reactivos, pero a su vez transmiten la idea de que la química es una especie de magia y que es inútil esforzarse por entender todos estos misterios.

A veces los estudiantes son capaces de deducir si un acontecimiento es una reacción química o no, pero es imposible que la predigan. Para ellos, puede o no reaccionar y no hay límite a las posibles combinaciones de reactivos y productos de reacción y como ejemplo mencionan que para los estudiantes si el mercurio reacciona con el alcohol, puede producir bióxido de azufre.

Aclaran que aunque la reacción química se basa en principios como la **conservación de elementos**, el **equilibrio termodinámico** y el **cinético**, este artículo sólo se enfoca a la conservación de elementos, ya que con éste se pretende crear orden en el campo de reacciones químicas y con el que el alumno conocerá que es un requisito en la ecuación balanceada.

#### *Soporte teórico*

Para diseñar una estrategia enseñanza-aprendizaje de este principio de conservación, recomiendan los autores conocer si los alumnos tienen algún tipo de noción acerca de éste. Ellos mismos se basan en evidencias del desarrollo psicológico aportadas en estudios de Piaget, en el que encuentran que los niños desde edad temprana tratan de crear algún orden en los cambios que observan en su ambiente aplicando los principios de conservación de objetos y de sustancias, sin embargo los alumnos más grandes y con mayor conocimiento han aprendido que la madera y papel no se conservan en el fuego. La tarea de la educación química en este contexto deberá hacer que los estudiantes descubran que aunque la conservación de sustancias pueda ser un concepto absurdo a la luz de la evidencia, puede ser reemplazada en un nivel más abstracto por el concepto de la conservación del elemento.

#### *Actividad Experimental 1*

Utilizan el ciclo del cobre para demostrar que los reactivos y los productos guardan cierta relación. De esta manera, los estudiantes puedan llegar a percatarse que el cobre está presente en los cristales azules y en el polvo negro que son intermedios en el ciclo del cobre. Como los cristales azules y el polvo negro no muestran ninguna huella del metal marrón, la reaparición del cobre en este momento se explica haciendo una distinción entre cobre, sustancia formada por un compuesto, y cobre, sustancia formada por un elemento. Al cobre como sustancia formada por un compuesto, lo asocian a

estar formada por moléculas idénticas, sin mencionar su tamaño, forma, estructura, o representación mental, solamente se menciona que son demasiado pequeñas para ser vistas.

#### *Desde la disciplina*

Otros métodos de enseñanza presentan las moléculas y átomos, en el nivel basado en hechos, dando esquemas y descripciones detalladas, por lo que ellos proponen empezar desde sus propias ideas de la naturaleza corpuscular de la materia para desarrollar gradualmente modelos más sofisticados como resultado del proceso de enseñanza. En palabras de los autores:

*“Nuestro objetivo no es hacer que los estudiantes aprendan los aspectos racionales del uso de modelos en la ciencia, sino hacerlos atravesar aspectos emocionantes, incluyendo la incertidumbre y algunas veces aún la desesperación, antes de pasarlos, si es necesario, a una solución aceptable”*

#### *Estrategia*

En esta etapa del curso aún se les permite a los estudiantes utilizar la palabra "molécula" aún cuando los químicos saben que la sustancia no consiste de moléculas.

Los autores hacen la pregunta ¿las moléculas se pueden romper?, muchos de sus estudiantes trataron de contestar golpeando pequeñas cantidades de diferentes sólidos en un mortero con pistilo. Un alumno los sorprendió cuando al moler el polvo de la malaquita en el mortero formó rayas negras o café oscuras. Estas fueron interpretadas como prueba que las moléculas de malaquita se pueden romper. A partir de este hecho, la descomposición de la malaquita forma parte de su currículo como una primera introducción a reacciones de descomposición.

Aunque con este experimento la visión de los estudiantes es que se formó una nueva sustancia, piensan que se formaron fragmentos de moléculas de malaquita, en lugar de que se formaron moléculas nuevas, por lo que se realiza un segundo experimento.

#### *Actividad Experimental 2*

Conociendo el profesor que la Malaquita (carbonato básico de cobre,  $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CuCO}_3$ ), se descompone cerca de los 200 °C en óxido de cobre, dióxido de carbono, y en vapor de agua, se calienta 1g de malaquita en un tubo de ensayo en una posición horizontal. En pocos minutos toda la malaquita desaparece y un polvo negro resulta, además un líquido incoloro se condensa cerca de la boca del tubo. El tercer producto no se percibe, pero se aclara que una sustancia se puede convertir en otras dos, la interpretación más



obvia en el nivel molecular es que cada molécula de malaquita se divide en dos partes diferentes, una que es, moléculas que forman un sólido negro, y la otra, moléculas que forman un líquido sin color. Sin embargo, lo que encontraron en su estudio fue que los alumnos no consideraron idénticas todas las moléculas del polvo negro, ni las moléculas del líquido.

### *Concepciones alternativas*

Percibieron que para los estudiantes la molécula de malaquita no posee una estructura interna que permita separar sólo en fragmentos predeterminados. Como resultado de esta falta de estructura, la desintegración de las moléculas de malaquita depende en gran parte en la fuerza y la dirección de choques con moléculas vecinas.

### *Actividad Experimental 3*

Un tercer experimento de descomposición es pesar una cantidad de malaquita y calentar en un plato de porcelana, enfriarla y pesar el polvo negro obtenido. El resultado fue una proporción 10:7 para los pesos de malaquita y polvo negro respectivamente y aunque fue repetitivo este resultado, fue interpretado por los estudiantes como un promedio para muchas moléculas. El punto que enfatizan los autores es que esperaban que su interpretación fuera evidente. Al señalar que el polvo negro y el líquido son sustancias puras, los estudiantes se dan cuenta que una molécula de malaquita debe tener alguna estructura interna que le permite dividirse en una sola manera. Este es el primer paso en el camino de molécula a átomo.

El próximo paso es introducir otras reacciones de descomposición. El esquema general de la reacción es  $A \rightarrow B + C + \dots$ , en el que A, B, y C son sustancias. En este punto los estudiantes tienen dificultades para diagnosticar si una reacción es de descomposición, o no, pero al medir la masa de los reactivos y los productos ayuda a dar respuesta. Sustancias a descomponer son el azúcar y la sosa, por calentamiento en un tubo de ensayo. La noción que algunas sustancias no pueden descomponerse por nada no significa que necesite de calentar aún más. El maestro debe tratar de hacer a los estudiantes conscientes de la diferencia entre una falla para descomponerse y su no habilidad de descomposición como una propiedad dada. Si una sustancia no se descompone, sus moléculas son indivisibles y reciben el nombre especial de "átomos", por su significado en griego.

### *Actividad Experimental 4*

Utilizan el ciclo de cobre y la reacción del cobre con oxígeno. En esta reacción llaman al

óxido de cobre como tenorita para no sugerir una estructura interna. Los estudiantes pueden aceptar que en la reacción cada molécula de cobre ha cambiado a una molécula de tenorita, y entienden que este cambio no es irreversible ya que al final del ciclo las moléculas de cobre se forman otra vez.

En este caso utilizan el término de átomo de cobre, como una sustancia que no se puede descomponer y dentro de la molécula de tenorita algo salvaguarda la identidad de cobre. En este momento, el concepto de átomo explica algunas de las regularidades de las reacciones químicas. Cualquier cambio en una molécula la hace pertenecer a otra molécula. Utilizan los términos “especie atómica”, sustancia que no se descompone, en lugar del término elemento y no sugieren representaciones mentales de estos.

Sugieren elaborar una lista de elementos importantes y los símbolos de los átomos que deben ser aprendidos. Se debe tener cuidado con la bi-atomicidad de la molécula de oxígeno, antes de enseñar fórmulas de otros compuestos. Cada fórmula entonces se referirá a los números y tipos de átomos que constituyen una molécula de una cierta especie, ej. HOH en lugar de H<sub>2</sub>O.

Debe desarrollarse un modelo más avanzado del átomo junto con los estudiantes y no antes que ellos hagan preguntas. Y no debe ser más detallado que lo necesario para tomar el próximo paso en el camino a una explicación más científica de fenómenos químicos.

#### **4.7.1 Resultado y Consideraciones de la puesta en práctica de la secuencia experimental 5**

Comúnmente los profesores de bachillerato no enseñamos lo que sucede “durante” la reacción química, la mayoría de veces mencionamos lo que sucede al final.

Sólo cuando dentro del programa se encuentra el tema de rapidez de una reacción, señalamos que la concentración de los reactivos disminuye, mientras que la de los productos aumenta, o se discute sobre el tiempo que tarda y la utilidad que tiene el uso de catalizadores. Damos más información sobre lo que sucede alrededor de la reacción, que de la reacción misma.

Lo que no indicamos que la concentración de los reactivos disminuye porque las sustancias cambian gradualmente hasta que ambas llegan a formar la(s) nueva(s) sustancia(s).

Con respecto al ciclo de cobre, no es una actividad experimental desconocida para los profesores, pero se realiza promoviendo poca reflexión.

Tampoco, se delimita cuando se da una explicación a nivel macroscópico o a nivel nanoscópico.

Por lo anterior, esta quinta secuencia la puse en práctica con alumnos de segundo semestre del grupo 236 semestre 2008-2, del CCH Sur.

Previo a la secuencia cinco, realicé otra actividad utilizando cinta de magnesio y después la malaquita sugerida por los autores.

Tanto en la actividad con la cinta de magnesio como con la malaquita, se necesita de un calentamiento. Se produce óxido de magnesio para el caso del magnesio. Se tienen que medir la masa de la cinta de magnesio y el óxido de magnesio formado, pero como se trabaja con pequeñas cantidades, en la balanza digital no se perciben los cambios, por lo que es necesario el uso de balanza analítica. En el colegio tuve problemas ya que hay pocas balanzas de este tipo.

El fin que se pretende alcanzar con el magnesio es el de notar al oxígeno como la sustancia gaseosa que participa en la reacción. Una variable que se realizó en esta actividad fue la de tener diferentes cantidades de cinta de magnesio para que al final calcularan la relación en masa de óxido de magnesio formado y cinta de magnesio utilizada.

También se comenzó a introducir a la ecuación química pero no aún con símbolos, sino con palabras.

Con respecto a la malaquita, se utilizó aproximadamente 1 gramo, y aunque la balanza digital si registra la masa de óxido de cobre formado, se recomienda también la balanza analítica. En este caso a diferencia del anterior, se nota la formación y evaporación de agua y liberación de otro gas. El alumno percibe que disminuye la masa mientras que en el caso de la cinta de magnesio aumenta.

En resumen, al poner en práctica las actividades de esta secuencia, los aciertos que se consideran fueron:

Desde la didáctica:

- La forma de cuestionar a los estudiantes, ya que promueve la argumentación de los alumnos. Además de que de esta forma se puede conocer sus concepciones alternativas.

- Hacer algunas comparaciones sobre lo que afirmamos los profesores y lo que deberían de enseñar. Esto ayuda al profesor a reflexionar en su práctica docente.
- La forma de relacionar, en general, todos los conceptos.

Desde las estrategias:

- Obtener la relación entre la cantidad de reactivo y de producto, siempre y cuando se cuente con balanza analítica, para determinar que ésta siempre es la misma.

Lo que encuentro, no conveniente de este trabajo es:

Desde las estrategias:

- Moler el polvo de la malaquita en el mortero porque no formó rayas negras.
- Utilizar sólo reacciones de descomposición.
- Calentar un metal para observar que no se descompone, ya que va a reaccionar con el oxígeno y el alumno puede confundirlo con la descomposición.
- No usar representaciones mentales en el ciclo del cobre, porque en éstas también se manifiestan las concepciones de los alumnos.

Desde la didáctica:

- La forma de presentar su trabajo, no es clara. Este artículo fue el más complicado para su interpretación y adaptación.

## ***CAPÍTULO 5***

### ***ANÁLISIS***

Comprender las cosas que nos rodean es la mejor preparación para comprender las cosas que hay más allá.

Hipatia 370-415

Lo último que uno sabe, es por donde empezar  
Blaise Pascal 1623-1661

Las actividades experimentales que proponen los autores, no son novedosas, pero la forma de trabajarlas sí, por lo que en este capítulo se lleva a cabo un análisis general de la propuesta. Igualmente, se efectúa para cada artículo, una comparación entre como se manejan tradicionalmente y como las presentan De Vos y Verdonk.

Aunado a lo anterior, se realiza un planteamiento de los conceptos que deben estar involucrados al enseñar el tema de la reacción química, en una forma introductoria, para lo cual, se utiliza un instrumento análogo al que J. D. Herron maneja para analizar diversos conceptos (Herron, 1996).

#### **5.1 ANÁLISIS GENERAL DE LA PROPUESTA DE DE VOS Y VERDONK**

Del capítulo anterior se obtienen las ideas centrales de cada artículo, de la propuesta llamada “A new road to reactions” de los autores De Vos y Verdonk, las cuáles se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 5.1 Ideas centrales de la secuencia de De Vos y Verdonk

Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
<p>El estudiante es confrontado con reacciones químicas en estado sólido con cambios inesperados.</p> <p>Este primer paso tiene como propósito que el alumno se de cuenta que en una reacción química se forma(n) una nueva sustancia (nivel macroscópico). No se dan definiciones</p>	<p>El estudiante tiene oportunidad de discutir aspectos fundamentales de la reacción química, como son la disolución y migración (nivel macroscópico).</p> <p>Esta etapa ayuda a los estudiantes a pensar que las sustancias están formadas por partículas. Se introduce la idea de choques entre ellas que pueden dar lugar a una sustancia nueva.</p> <p>La formación de nuevas sustancias se centra en la observación de cambios de color.</p>	<p>Se lleva a cabo un análisis más cercano de la reacción. En esta etapa se presenta una reacción química con cambio de temperatura y color, para posteriormente hacer preguntas respecto a otra en la que no se presenta ningún cambio de color.</p> <p>Se discute sobre el calor generado y se reconocen los procesos exotérmicos y endotérmicos en el trabajo de laboratorio (nivel macroscópico).</p>	<p>Establece un puente entre los términos sustancia y molécula e introduce al alumno en la idea de que las reacciones ocurren porque nuevas moléculas se están formando (nivel macroscópico y nanoscópico).</p>	<p>Los autores proponen utilizar el ciclo del cobre para enseñar que aunque un átomo mantiene su identidad durante la reacción química, la molécula no.</p> <p>En este artículo se pretende conectar los conceptos de elemento y átomo (nivel nanoscópico).</p>

En esta tabla se aprecia que la propuesta comienza de un nivel macroscópico y va hacia el nanoscópico, pero, además, de lo general a lo particular, de lo concreto a lo abstracto, y de lo sencillo a lo complejo. Entre lo innovador está que sin proporcionar definición alguna, tratan el tema y los conceptos básicos a una mayor profundidad. No atomizan los contenidos sino los van integrando poco a poco, conectándolos con otros de igual importancia, para favorecer el enriquecimiento del alumno.

Con respecto a los conceptos centrales que se abordan en cada artículo, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5.2 Conceptos centrales de la secuencia de De Vos y Verdonk

Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta
Sustancia Reacción química (nivel macroscópico)	Sustancia Migración de sustancias (difusión) Interacción entre sustancias (choques) (nivel macroscópico)	Sustancia Reacciones exotérmicas Reacciones endotérmicas Calor Temperatura (nivel macroscópico)	Sustancia Moléculas Reacción química (nivel nanoscópico)	Sustancia Elemento Átomos Reacción química Conservación de los elementos Conservación de los átomos (nivel nanoscópico)

Podemos observar que el concepto crucial para esta secuencia es el de *sustancia*, pero cada vez que se retoma es a mayor profundidad y relacionándola con la reacción química.

Su secuencia de enseñanza resulta ser de gran utilidad porque intenta poner cierto orden como lo mencionan en los siguientes párrafos.

*“Esta serie de artículos resume un trabajo sobre el concepto de reacciones químicas como un problema de enseñanza-aprendizaje. La meta es extender el concepto de la reacción, más que dar una definición correcta, en el vocabulario de la química oficial o en el idioma de la vida diaria.*

*Con los ejemplos de reacciones químicas utilizadas, se espera que los estudiantes descubran la esencia del concepto por ellos mismos. Se aspira lograr un desarrollo gradual del concepto de reacción comenzando desde una base intuitiva. En esta secuencia, se confronta a los estudiantes con dosis que aumentan la experiencia con el fenómeno de reacción, alentándolos a enriquecer y ajustar de nuevo sus ideas originales para madurar sus conocimientos”.* (De Vos y Verdonk, 1885 a)

## 5.2 COMPARACIÓN DE CADA SECUENCIA EN LA PROPUESTA DE DE VOS Y VERDONK CON LA ENSEÑANZA TRADICIONAL

Lo importante en la enseñanza de la reacción química no sólo son las actividades experimentales, sino la forma de abordarlas, las preguntas que se formulan, los conceptos que se relacionan, el uso de la espiral de conocimiento, la discusión que se genere, etc. Por tal motivo, mencionar los conceptos o ideas centrales de la propuesta no es suficiente, por lo que a continuación presento un análisis comparativo de las actividades experimentales, como se proponen en cada artículo y como se trabajan en la enseñanza tradicional, como se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 5.3 Comparación de las actividades experimentales 1

Actividad experimental	Tradicionalmente	De Vos
Gises	No se realiza	<p>No se menciona de qué sustancias se trata (aunque no son sustancias, se les maneja como tales).</p> <p>Cambio físico que no se menciona como tal, sólo es para distinguirlo visualmente de la siguiente actividad. Aunque al parecer hay una reacción química por el cambio de color, al mirar al microscopio se distinguen los componentes.</p> <p>Apoya la siguiente actividad.</p>
Nitrato de plomo+ioduro de potasio como sólidos	Esta reacción comúnmente se utiliza en disolución y no en forma sólida.	<p>No se menciona el nombre de las sustancias.</p> <p>Su utilidad radica en que sin ser una reacción espectacular, y al ser motivada con preguntas, el alumno llega a describir que una reacción química involucra la formación de nuevas sustancias.</p> <p>No se habla de ecuaciones químicas ni fórmulas.</p> <p>Al compararla con la actividad anterior, se llega a concluir que si se forma una nueva sustancia entonces es una reacción química, y si no, entonces no es una reacción química.</p>

Tabla 5.4 Comparación de las actividades experimentales 2

Actividad experimental	Tradicionalmente	De Vos
Nitrato de plomo+ioduro de potasio en agua	<p>Se realiza en tubos de ensayo.</p> <p>Formación de precipitados coloridos.</p> <p>Presentación de la ecuación química, balanceo, número de oxidación, reacción de doble desplazamiento.</p> <p>No existe una actividad posterior para enlazarla.</p>	<p>Se realiza en caja Petri para poder detallar, por medio de la discusión, el proceso que se llevó a cabo.</p> <p>No se mencionan los nombres de las sustancias por lo que no se plantea ninguna ecuación.</p> <p>Refuerza el modelo básico cinético molecular se enlaza con la actividad anterior.</p> <p>Incrementa la explicación acerca de lo que involucra una reacción, y aunque no habla de cambios físicos, enfatiza lo que sí es una reacción química</p>



Tabla 5.5 Comparación de las actividades experimentales 3

Actividad experimental	Tradicionalmente	De Vos
Reacción de la fibra metálica con una disolución de sulfato de cobre	El profesor enfatiza que es una reacción química por el cambio de color	<p>El profesor cuestiona qué es lo que está pasando. El alumno puede argumentar que se trata de una reacción química porque se forman nuevas sustancias y puede mencionar características de éstas como es el color. Se le cuestiona además del cambio de temperatura.</p> <p>Esta actividad es previa a una actividad donde no hay cambio de color, sólo de temperatura.</p>
Reacción del ácido clorhídrico con hidróxido de sodio	<p>Reacción ácido-base.</p> <p>Reacción de neutralización.</p> <p>Se habla de la utilidad de los indicadores.</p> <p>Ácidos y bases fuertes.</p> <p>pH ácido, básico y neutro.</p> <p>Se establecen ecuaciones.</p>	<p>No habla de neutralización. No menciona los nombres de las sustancias participantes.</p> <p>No utiliza indicadores.</p> <p>Se enfoca en el cambio de temperatura, hasta llegar a mencionar que aunque no haya un cambio de color, sí hay reacción química, que se manifiesta precisamente por ese cambio de temperatura.</p> <p>La pregunta es ¿A qué se deberá ese cambio de temperatura?</p> <p>No se contesta, sólo se acuerda que en la formación de nuevas sustancias ocurre algo que produce ese cambio.</p> <p>Posteriormente, pero no en esta secuencia, se podrá hacer alusión que el modelo que explica esto son los enlaces.</p>
Reacción de carbonato de sodio decahidratado, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ y polvo fino de alumbre de hierro (sulfato de sodio hierro (III) dodecahidratado, $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) o su análogo de potasio o amonio)	<p>Esta reacción se puede utilizar sólo para mostrar e identificar reacciones endotérmicas pero sin que esta información le sirva al alumno para posteriores argumentos.</p> <p>Tampoco se le cuestiona sobre lo esencial de la reacción química.</p>	<p>No menciona los nombres de las sustancias participantes.</p> <p>El alumno puede argumentar que se trata de una reacción química porque se forman nuevas sustancias y puede mencionar características de estas como también el cambio de temperatura.</p> <p>El alumno distingue que existen reacciones donde hay aumento de temperatura al llevarse a cabo como también puede haber disminución en otras.</p> <p>Los términos reacción química exotérmica y endotérmica se introducen para que el alumno los utilice en sus discusiones.</p>

Tabla 5.6 Comparación de las actividades experimentales 4

Actividad experimental	Tradicionalmente	De Vos
Cambios de fase	Se enseña a nivel macro, por lo que sólo se relacionan con los nombres que reciben cada uno de ellos, como: fusión, evaporación, sublimación, etc.	Hace hincapié en que un cambio de fase es resultado de cambios en el movimiento molecular, que no se forman nuevas especies.
Disoluciones	También se enseña a nivel macro, por lo que se enfatiza en las diferentes formas de expresar la concentración y se habla de términos como soluto y solvente. Se llega a mencionar iones.  Se ven propiedades como la solubilidad.	La relaciona con la reacción química y con aspectos del modelo cinético molecular.  Con este modelo se cuestiona la disolución a diferentes temperaturas.
Reacción química que produce óxido de cobre. (calentando malaquita y calentamiento de una lámina de cobre)	No hay una distinción entre nivel macro y nanoscópico, y establecen rápidamente la ecuación química.	Parte de las ideas corpusculares de los estudiantes y las dirigen a una comprensión básica de los conceptos de sustancia y reacción química.  Se cuestionan los sucesos a nivel nanoscópico.  Se pregunta sobre cómo serán las moléculas al principio y al final de la reacción.  Se trata de diferenciar entre cambios de estado, disoluciones y reacción química en este nivel nanoscópico.  Refuerza que se puede obtener la misma sustancia a partir de dos reacciones con diferentes sustancias (nivel macro), y por lo tanto que se puede obtener las mismas moléculas.

Tabla 5.7 Comparación de las actividades experimentales 5

Actividad experimental	Tradicionalmente	De Vos
Moler polvo de la malaquita en el mortero	No se realiza	Conocer que algunas sustancias se pueden descomponer o sea interpretar que en el nivel nanoscópico se formaron moléculas nuevas.
Calentar 1g de malaquita en un tubo de ensayo en posición horizontal	Como ejemplo de reacción de oxidación y puede ser cualquier cantidad	Que en particular la malaquita se descompone en dos sustancias diferentes perceptibles
Pesar una cantidad de malaquita y calentarla en un plato de porcelana, enfriarla y pesar el polvo negro obtenido.	Puede ser para comprobar o relacionar los datos con la estequiometría de la reacción	Que el estudiante se de cuenta que una molécula de malaquita debe tener alguna estructura interna que le permite dividirse en una sola manera
Pesar los reactivos y los productos al descomponer sustancias como son el azúcar, la sosa, el plomo rojo, por calentamiento en un tubo de ensayo	Si se realizan, no se relacionan con el nivel nanoscópico	Conocer que algunas sustancias no se pueden descomponer o sea que están formadas por moléculas indivisibles mejor llamadas por el nombre especial de "átomos"
Ciclo del cobre	No se incide en aspectos nanoscópicos, sólo se mencionan conceptos como elemento y compuesto. Se establecen las ecuaciones químicas, se balancea	<p>Utilizan el término de átomo de cobre y dentro de la molécula de tenorita algo salvaguarda la identidad de cobre.</p> <p>Explican que cualquier cambio en una molécula lo hace pertenecer a otra especie; y el de átomo como el que puede cambiar a las especies.</p> <p>Utilizan los términos especie atómica, y sustancia que no se descompone, en lugar del término elemento y no sugieren representaciones mentales de estos.</p> <p>Permite a los estudiantes una representación visual de la conservación del elemento en reacciones químicas.</p>
Elaborar una lista de elementos importantes y aprender los símbolos de los átomos.	Se detalla en nomenclatura	Antes de enseñar fórmulas. Cada fórmula se referirá a el número y tipos de átomos que constituyen una molécula de una cierta especie, ej. HOH en lugar de H <sub>2</sub> O.compuestos.
Desarrollar un modelo más avanzado del átomo	Antes que los alumnos tengan preguntas y más detallado que lo necesario	No antes que los alumnos hagan preguntas. Y no debe ser más detallado que lo necesario para tomar el próximo paso en el camino a una explicación más científica de fenómenos químicos.

### 5.3 ANÁLISIS CONCEPTUAL

Como ha sido descrito con anterioridad, la enseñanza del tema reacción química es de suma complejidad por lo que es muy importante la forma de introducir su enseñanza dentro del salón de clase. En vista de esto, se considera insoslayable detallar lo que puede ser introductorio acerca de este tema, para lo cual, se orienta a partir de un instrumento utilizado por J. D. Herron (Herron, 1996), para analizar diversos conceptos. El planteamiento se fundamenta en lo que involucra abarcar este tema al inicio de su enseñanza. Cabe señalar que este instrumento se puede utilizar para estructurar la enseñanza de otros conceptos, y que el mismo autor ha desarrollado este análisis para algunos, pero para el concepto de reacción química no se ha diseñado aún, así que en este caso la propuesta es original aunque fundamentada en dicho instrumento (Herron, 1996).

Un problema que se presentó al estructurarlo es resultado de considerar que para su enseñanza en este nivel introductorio están involucrados los tres niveles conceptuales: macroscópico, nanoscópico y la representación, por lo que se presentan por separado en este análisis.

Como primer punto se describe de forma general cómo es su planteamiento, en seguida, lo que involucra la realización de este análisis, para después aplicarlo al concepto reacción química.

*Tabla. 5.8 Instrumento de J. D. Herron*

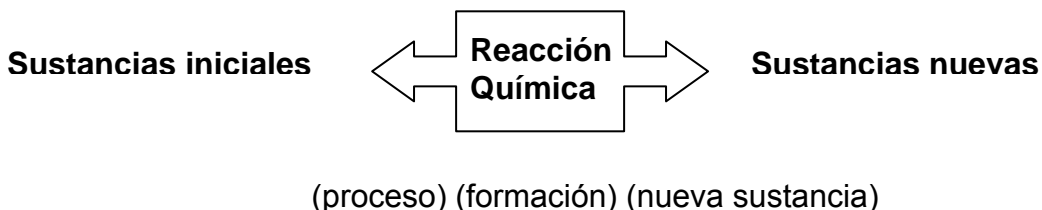
1. Nombrar el concepto:
2. Definir inicialmente el concepto: intentar indicar los atributos o propiedades críticas y relacionarlos entre sí.
3. Identificar sus propiedades básicas <palabras clave> (ejemplos) [contraejemplos]:
4. Identificar sus propiedades secundarias <palabras clave> (ejemplos) [contraejemplos]:
5. Identificar los conceptos supraordinados, coordinados y subordinados.  
Los conceptos supraordinados tienen un mayor nivel de generalización que el concepto bajo análisis.  
Los conceptos coordinados tienen el mismo nivel de generalización que el concepto bajo análisis.  
Los conceptos subordinados tienen un menor nivel de generalización que el concepto bajo análisis.
6. Indicar ejemplos. Para ayudar a clarificar el concepto bajo análisis, en especial sus propiedades secundarias. Se recomienda que los ejemplos sean tan divergentes como sea posible, ya que éstos establecen la frontera de estudio. Si todos los ejemplos son similares las fronteras son muy limitadas. En general, se recomienda enlistar al menos un ejemplo para cada propiedad secundaria que pueda ser confuso.
7. Indicar contraejemplos. Para ayudar a clarificar el concepto bajo análisis, en especial sus propiedades básicas. Los contraejemplos carecen de una o más de las propiedades básicas del concepto. En general, se recomienda enlistar al menos un contraejemplo para cada propiedad básica para hacerla mas clara. A menudo los ejemplos y los contraejemplos se comparan entre sí para hacer notar que se parecen pero que el segundo carece de alguna propiedad básica.

## Análisis Conceptual de Reacción Química apoyado en el Instrumento de Herron

1. Concepto: **Reacción química (nivel introductorio).**

2. Definición inicial del concepto:

Nivel Macroscópico: **Proceso mediante el cual se forman nuevas sustancias.**



Simbólico: **Se representa por medio de una ecuación química**

**Reactivos → Producto**

(proceso) (reactivos) (productos)

Nivel Nanoscópico: **Proceso mediante el cual se rompen y forman enlaces químicos entre los átomos produciéndose un nuevo arreglo.**

(proceso) (enlace químico) (átomos)

3. Identificar sus **propiedades básicas**

Macroscópico

❖ **Es un proceso o cambio**, i. e. comprende un estado inicial, una transición y un estado final.

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Proceso	corrosión de un clavo, electrólisis del agua	Estado inicial y final (magia) i. e. clavo, agua

❖ **El estado inicial contiene, al menos, una sustancia**, la(s) sustancia(s) original(es).

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Sustancia	Hierro, agua, oxígeno.	óxido de hierro o clavo oxidado

❖ **La(s) sustancia(s) original(es) tiene ciertas propiedades físicas.**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
propiedad física	temperatura de fusión, temperatura de ebullición, densidad, estado de agregación, color, textura, etc.	Sólo lo bueno o malo para la salud. Las propiedades físicas de los elementos que forman las sustancias

❖ **El estado final contiene, al menos, una nueva sustancia, la(s) sustancia(s) final(es).**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Sustancia	óxido de hierro	clavo, hierro

❖ **La(s) nueva(s) sustancia(s) tienen propiedades diferentes a la(s) de la(s) sustancia(s) original(es).**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Propiedades	Temperatura de fusión, temperatura de ebullición, densidad, estado de agregación, color, textura, etc.	las propiedades de las nuevas sustancias son la combinación de las sustancias originales

❖ **El proceso de formación de, al menos, una nueva sustancia se llama cambio químico.**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
cambio químico	quemar papel, electrólisis del agua	cortar papel, hervir o evaporar agua, una disolución

- ❖ Se necesita la interacción entre dos o más sustancias entre sí o de una sola sustancia, con algún tipo de energía de por medio.

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
interacción, energía	hierro con oxígeno, agua con energía eléctrica	hierro sólo, hervir agua

- ❖ El proceso cumple la ley de conservación de la masa

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
conservación de la masa	al quemar papel la masa total del sistema se conserva	al quemar papel su masa disminuye

### Simbólico macro

- ❖ El proceso puede representarse en forma parecida a una ecuación con los nombres de las sustancias originales (reactivos) de un lado de la igualdad separados de un signo + indicando su interacción y los nombres de las nuevas sustancias (productos) del otro lado.

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
ecuación con nombres, reactivos, productos	celulosa + oxígeno = dióxido de carbono + agua agua + energía eléctrica = hidrógeno + oxígeno agua oxigenada = agua + oxígeno	$C_6H_{10}O_5 + O_2 = CO_2 + H_2O$ $H_2O = H_2 + O_2$ $H_2O_2 = H_2O + O_2$

- ❖ Los químicos normalmente representan la reacción química mediante una ecuación química, donde un conjunto de símbolos indican el proceso, las sustancias participantes, así como su estado físico.

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
representación, ecuación química, estado físico	$H_2O_{(l)} \rightarrow H_{2(g)} + O_{2(g)}$	agua = hidrógeno + oxígeno



❖ **En el proceso hay conservación de los elementos**, i. e. si se analizan los reactivos y productos se deben encontrar las mismas sustancias elementales.

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Elemento, conservación de elementos.	El papel, el oxígeno y los productos de combustión contienen los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno.	Al quemar la cinta de magnesio, se obtiene carbono.

### Nanoscópico

❖ **Las reacciones ocurren porque las partículas se están moviendo y cuando ellas chocan una con otra con suficiente violencia, se rompen los enlaces y se intercambian los átomos para dar nuevas partículas (moléculas o redes). O una partícula que está vibrando con suficiente violencia puede separarse en otras más pequeñas.**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Partículas y sus propiedades, enlaces, redes.	El dióxido de carbono reacciona con el agua porque sus partículas se mueven y chocan con suficiente violencia que rompen los enlaces hidrógeno-oxígeno y, carbono-oxígeno e intercambian sus átomos para dar nuevos arreglos	Las partículas no se mueven Las ganchos se rompen

❖ **En el proceso hay conservación de los átomos**, i. e. el número y tipo de átomos presentes en reactivos y productos es el mismo.

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Átomo, conservación de átomos	El papel, el oxígeno y los productos de combustión contienen los átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno.	Al quemar la cinta de magnesio, se obtienen átomos de carbono.

#### 4. Identificar sus **propiedades secundarias**

##### Macroscópicas

❖ **En general, la reacción química necesita de condiciones especiales.**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
condiciones de reacción, variables control de variables	temperatura, estado de dispersión de las sustancias, solvente, concentración	lugar donde se realizan - laboratorio vs naturaleza

❖ **En general, el proceso se identifica al observar la formación de nuevas sustancias y las propiedades de éstas a simple vista.**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
cambios observables	color, textura, cambio de temperatura	sólo cambios de estado de agregación sin formación de nuevas sustancias

❖ **Pueden clasificarse por ser apreciables o no, a simple vista.**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
cambios observables y no observables	reacciones notorias (la combustión), o invisibles (medicamentos al caducar)	sólo cambios notorios como: corrosión de un clavo, fermentación de la leche

❖ **En general, ocurre un aumento o disminución de temperatura**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
cambios de temperatura	quemar un papel, electrólisis del agua	calentar papel, hervir agua

❖ **En general, ocurren a diferente rapidez**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Rapidez	oxidación de una pieza de hierro y hierro en forma de fibra	hervir volúmenes muy diferentes de agua

### Simbólico Macro

❖ **Energía de activación es aquella que se proporciona a algunas sustancias para que empiecen a reaccionar. Los químicos representan esta energía con la palabra calentar o el símbolo  $\Delta$  encima de la flecha de la ecuación química.**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Energía de activación	$H_2O_{(l)} \xrightarrow{\Delta} H_{2(g)} + O_{2(g)}$	Todas las reacciones que se calientan son exotérmicas

❖ **Las reacciones donde aumenta la temperatura se denominan exotérmicas y aquellas donde disminuye la temperatura se llaman endotérmicas. Los químicos representan estos cambios con la palabra Calor o el símbolo Q.**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Exotérmico	celulosa + oxígeno = dióxido de carbono + agua + calor	mezclar ácido sulfúrico con agua
Endotérmico	$H_2O_{(l)} + Q \rightarrow H_{2(g)} + O_{2(g)}$	disolver cloruro de amonio en agua

### Nanoscópico

❖ **Las fuerzas eléctricas son la única fuerza importante en química. Los enlaces químicos son formados por las atracciones electrostáticas entre los núcleos cargados positivamente y los electrones de valencia cargados negativamente, junto con las repulsiones de núcleos y electrones de diferentes átomos.**

<palabras clave>	(ejemplos)	[contraejemplos]
Fuerzas eléctricas, núcleos positivos, electrones de valencia negativos	Enlace entre sodio y cloro en el cloruro de sodio	Fuerzas entre las moléculas en el agua líquida (enlaces intermoleculares)

5. Conceptos supraordinados, coordinados y subordinados.

Conceptos supraordinados

<b>MACROSCÓPICO</b>	<b>NANOSCÓPICO</b>	<b>SIMBÓLICO</b>
<b>Los hechos: el mundo de las percepciones</b>	<b>De las percepciones a los modelos</b>	<b>De las percepciones, a las representaciones</b>
Materia, material y sustancia.	Partículas	Representaciones, símbolos
Propiedad física	Propiedades de las partículas	
Proceso y cambio	Interacciones entre cargas	
Interacción		
Fuerza		
Energía, calor y temperatura		
Conservación		
Estados de agregación y sus cambios		

Conceptos coordinados

<b>MACROSCÓPICO</b>	<b>NANOSCÓPICO</b>	<b>SIMBÓLICO</b>
Sustancia compuesta.	Átomos, moléculas e iones	Símbolos químicos
Mezcla	Modelos atómicos	Fórmulas químicas
Leyes de proporciones constantes y múltiples	Conservación de átomos	Nomenclatura
Síntesis, descomposición, oxidación, combustión	Estructura de la materia, redes	Estructuras de Lewis
	Enlaces.	

Conceptos subordinados

<b>MACROSCÓPICO</b>	<b>NANOSCÓPICO</b>	<b>SIMBÓLICO</b>
Propiedades periódicas	Electronegatividad, tamaño atómico, y carga nuclear efectiva.	
Reacciones de óxido-reducción	Configuración electrónica y número de oxidación	
Reacciones ácido-base	Modelos de ácido-base	
Energía de activación	Atracción y repulsión electrostática	
Energía de reacción	Modelo energético de enlace	Reacciones exotérmicas y endotérmicas
Estequiometría, reactivo limitante	Cantidad de sustancia	
Síntesis y rutas de nuevas sustancias: Plásticos, drogas.		
Equilibrio químico		
Cinética química		

Reuniendo los problemas de la enseñanza-aprendizaje del tema reacción química explicados anteriormente, el complicado y laborioso análisis aquí expuesto al seleccionar los conceptos primarios y secundarios a enseñar, así como los conceptos requisito necesarios para abordar el tema (independientemente del contexto), junto con el trabajo práctico al llevarlo al aula, expuesto en el capítulo anterior, ahora es conveniente utilizar esta información, en este proyecto para adaptar la propuesta de De Vos y Verdonk.

## **CAPÍTULO 6.**

### **REPLANTEAMIENTO Y ADAPTACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS**

El enseñar no permite automáticamente aprender

En este capítulo se da la metodología para replantear y adaptar la propuesta de enseñanza de De Vos y Verdonk en forma de una secuencia de actividades y con una orientación al bachillerato mexicano. En esta se sugieren algunos cambios a las actividades experimentales, para adaptarla al bachillerato de la UNAM. Esta es derivada de observaciones directas en la aplicación de la propuesta, capítulo 4, y en el instrumento de Herron desarrollado en el capítulo 5.

Como las actividades experimentales se encuentran solamente comentadas, se propone el formato experimental.

Igualmente, en cada actividad experimental, se dan sugerencias didácticas al profesor, para no desviarse de los propósitos programados (algunas son de los autores, pero no son claras o no hay un orden, y otras son más).

Se presentan resultados al ponerla en práctica con alumnos de primer semestre turno matutino, del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Sur.

Se establecen formas de evaluación, ya que la propuesta original carece de ellas.

Se elaboran mapas conceptuales o diagramas para relacionar los conceptos involucrados en cada secuencia. Al final, se construye un mapa que relaciona las cinco secuencias.

#### **6.1 METODOLOGÍA**

El formato experimental que se llevará a cabo en los siguientes apartados es:

##### **Justificación**

- Información acerca de las actividades en general

##### **Estrategia Didáctica Experimental**

- Explicitación de propósitos y conceptos
- Ordenamiento de la secuencia

- Resaltar algunos conceptos o ideas
- Redacción de actividades detalladas

### **Evaluación**

- Redacción de instrumentos de evaluación

### **Resultados**

- Elaboración de mapas conceptuales o diagramas.

## **6.1.1 Replanteamiento y adaptación de la secuencia didáctica experimental 1**

### **Justificación**

El presente trabajo, tiene la finalidad de introducir al estudiante en el tema de reacción química. La propuesta es estudiar reacciones que intriguen por la formación de sustancias a partir de otras sustancias y que no distraigan la atención del fenómeno (sin electricidad, llamas, ruido u otros efectos de energía), ya que usualmente se utilizan actividades experimentales que impactan y que atraen la atención al estilo *show* de la química, a veces sólo se trabaja en esta etapa, por lo que no hay un auténtico trabajo de reflexión y búsqueda de explicaciones.

En esta actividad se intenta fomentar en los alumnos mayor reflexión de lo que involucra el que se lleve a cabo una reacción. Para ello, se consideran las concepciones alternativas que tienen los estudiantes sobre este tema, a nivel macroscópico, las cuales son:

- La mayoría de los alumnos señalan el cambio de color como evidencia del cambio químico, aunque, sus explicaciones permiten pensar que no las interpretan como cambios químicos en el sentido científico.
- Piensan que las sustancias cambian sus propiedades (como el color) pero siguen conservando su identidad. Ej. La combustión del alcohol la comparan con la evaporación del agua; el óxido de un metal sigue siendo el mismo metal, pero ahora de otro color.
- Pocos alumnos recurren al concepto de propiedades características.
- Utilizan explicaciones descriptivas de lo estrictamente perceptible por los sentidos.

En vista de lo anterior, esta propuesta va encaminada a que en el proceso de reflexión el alumno tenga un acercamiento a que:

- un cambio de color no significa siempre que hubo reacción química. Ejemplo, la disolución de un dulce de color en agua.
- cuando hay una reacción química, se produce una nueva sustancia con propiedades completamente diferentes, por lo que se incluyen actividades donde se presentan cambios de estado, manifestaciones de olor, diferencias de textura.

## Presentación

Dirigida a los estudiantes que estén en el primer curso de química del bachillerato y tiene la intención de acercar a los estudiantes al tema de reacción química. Reiterando que este acercamiento es sólo a nivel macroscópico.

Consta de 3 **actividades:**

- 1.- Trabajo en equipos de 2–5 alumnos.
- 2.- Demostrativa por el profesor, o en equipo.
- 3.- Trabajo en equipo de 2–5 alumnos.

- Tiempo aproximado: 4 horas
- Cada apartado cuenta con sugerencias didácticas para orientar al profesor

**Equipo** para todas las actividades

- microscopio estereoscópico
- 4 vidrios de reloj
- 2 espátulas

### Condiciones:

- No usar agua, ni ningún otro disolvente en estado líquido.
- Equipo de laboratorio completamente seco
- Sin electricidad, sin calor, etc.

### Recomendaciones:

- Uso de bata
- No desperdiciar
- No tirar fuera del frasco los materiales
- Los residuos coleccionarlos en el lugar que indique el profesor.



## ***Estrategia Didáctica Experimental 1***

### ***JUNTAR, REVOLVER Y APLASTAR***

#### ***¡FÍJATE QUE PASA!***

Un acercamiento a la interacción de sustancias sólidas  
(versión para profesores secuencia 1)

#### **Propósitos**

- Observar y distinguir, que en una interacción entre sólidos se produce una nueva sustancia.

#### **Actividad 1. En Equipo**

##### **Materiales:**

**gis blanco pulverizado**  
**grafito pulverizado**

##### **Procedimiento**

- Observar cada material al microscopio
- Aplastar por separado cada muestra
- En un tercer vidrio de reloj, tomar la mitad de cada muestra.
- Ya reunidas, aplastarlas juntas con la espátula y observar al microscópico.
- Es imprescindible observar durante todo el proceso, a simple vista y al microscopio

**¡antes, durante y después!**

##### **Sugerencias para el docente 1.1**

- No se les dará el nombre del gis y grafito.
- Aunque es más adecuado hablar de materiales, se recomienda mencionarlas como sustancias.
- No mencionar que se lleva a cabo un cambio físico, lo importante es que el alumno observe a simple vista y al microscopio, para después comparar con la actividad 2.
- No mencionar la palabra mezcla, ni mezclar, por esto utilizamos el termino “juntar” o “poner en contacto”

#### **Actividad 2. En Equipo aunque también puede ser demostración del profesor,**

##### **Sustancias**

Nitrato de plomo y yoduro de potasio

##### **¿Cómo hacerlo?**

Esencialmente se sigue el mismo procedimiento que en la actividad 1

### **Sugerencias 2.1**

- Advertir que ambos son polvos peligrosos que no pueden tocarlos (sólo con la espátula), por lo que se recomienda usar la mínima cantidad necesaria.
- No mencionar el nombre de las sustancias. Al nitrato de plomo se le nombra simplemente sustancia “A”
- No mencionar que se lleva a cabo una reacción, durante la experimentación. Aunque en la discusión con el grupo se pretende llegar a esto.

### **Sugerencias 2.2**

- Realizar la pregunta “¿Qué hicieron? Yo les di dos sustancias blancas.
- Escuchar las apreciaciones de los alumnos, sobre el fenómeno.
- Si los alumnos lo sugieren repetir la molienda de las sustancias juntas y compararlas con las muestras testigo.
- Contrastar con los resultados de la actividad 1 (del gis con el grafito) sin mencionar si se trata de un cambio físico o químico.
- Discusión dirigida a partir de la argumentación.
- Aunque no se está formando solo una sustancia, no mencionarlo, ya que no se puede percibir, y esto no cumpliría con el propósito de la actividad.
- Al finalizar, crear una situación en la cual se guíe a que los alumnos expliciten que una nueva sustancia se está formando y mencionar que ésta es una característica de la reacción química.
- No es conveniente hablar de moléculas, ni hacer representaciones de éstas.
- Provocar duda, inquietud, que pueda generar preguntas. Si no se logra, continuar con la actividad 3, en la que sí sería conveniente lograrlo.

## **Actividad 3. En Equipo**

### **Sustancias**

- Ácido cítrico o ascórbico
- Cloruro de hierro hidratado II
- Ioduro de potasio
- Sulfato de cobre pentahidratado
- Acetato de sodio
- Carbonato de sodio decahidratado

### **¿Cómo hacerlo?**

Se sigue el mismo procedimiento que en la actividad 1 y 2.

### **Sugerencias 3.1**

- No dar los nombres de las sustancias ni del tipo de reacción que se está presentando. No establecer ninguna ecuación química, no hablar de átomos o moléculas.
- Escuchar las apreciaciones de los alumnos, sobre el fenómeno
- Mencionar nuevamente que cuando hay una reacción química, se produce una nueva sustancia.
- Hacer énfasis en las parejas de sustancias donde la nueva sustancia tiene otro estado de agregación diferente a las sustancias originales, presenta olor característico, diferencias de textura, etc. Esto con la finalidad de involucrar nuevos factores en un cambio químico.
- En la reacción ácido-base, sí se puede mencionar que se está produciendo además de otra sustancia sólida, un gas.
- Al final de las actividades, ya se le puede dar los nombres de las sustancias.
- Hacer recomendaciones de manejo de las sustancias, riesgos, incluyendo sus residuos.

Se propone, que cada equipo elija una pareja de sustancias

### **Parejas de sustancias a juntar, revolver y aplastar:**

	Carbonato de sodio	
	Ácido cítrico	
Yoduro de potasio		Cloruro de hierro II
Sulfato de cobre		Acetato de sodio

### **Sugerencias 3.2**

- Escuchar las apreciaciones de los alumnos, sobre el fenómeno.
- Si los alumnos lo sugieren, repetir la molienda de las sustancias juntas y compararlas con las muestras testigo.
- Mencionar nuevamente que cuando hay una reacción química, se produce una nueva sustancia con propiedades diferentes.
- Hacer énfasis en las parejas de sustancias donde se presentan cambios de estado, manifestaciones de olor, diferencias de textura, etc. Esto con la finalidad de considerar nuevos factores que implican un cambio químico.

### **Preguntas que puede hacer el profesor(a) sobre las actividades:**

Escoge la respuesta correcta.

1. Cuando se habla de una reacción química, hay que mencionar un antes y un después.

Es importante describir las características o propiedades de las sustancias que ponemos en contacto y posteriormente si observamos cambios, describir que se debe a:

- a. Que la sustancia cambio de propiedades.
  - b. Que se formó una sustancia nueva y como es nueva, tiene otras propiedades.
  - c. Que se formaron nuevas propiedades.
  - d. Ninguna de las anteriores. Explicar.
2. Explica la diferencia entre el inciso a, b y c de la pregunta anterior.
  3. Describe las propiedades de las sustancias que pusiste en contacto y las propiedades de las nuevas sustancias de cada actividad que hiciste. Posteriormente, la profesora(or) te dará el nombre de las sustancias.

### Evaluación

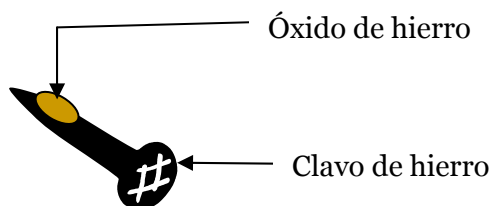
- ✓ Discusión dirigida
- ✓ Carteles de conclusiones
- ✓ Un cuestionario que incluya lo anterior
- ✓ Entrevistas
- ✓ Otras preguntas como las siguientes

### ¿Qué has captado?

**1.-** Cuando llegó la mamá de Luis a su casa, encontró que su hijo estaba enfermo. Fue al botiquín y encontró el medicamento que tenía que darle, pero se dio cuenta que ya había pasado la fecha de caducidad, y ya no se lo quiso dar.

Muchas personas utilizan la frase “es que ya se echó a perder”. A partir de lo que aprendiste en esta actividad ¿de qué otro modo podrías explicar el hecho de que los medicamentos caducan?

**2.-** En muchas ocasiones te habrás encontrado con un clavo oxidado, como el que se muestra en la figura



¿Por qué ya no sirven los clavos?  
Investiga ¿qué es cada una de las sustancias? y ¿para qué sirven?

**3.-** Si tengo las dos sustancias hidrógeno y oxígeno y al juntarlas a ciertas condiciones se lleva a cabo una reacción y la sustancia nueva que se forma es el agua. Investiga 5 propiedades de cada una de las 3 sustancias ¿Cómo son las propiedades de la sustancia llamada agua con respecto a las del hidrógeno y las del oxígeno? Explicar



idea de reacción completa y mencionar que las sustancias originales desaparecían completamente para dar paso a la formación de la nueva sustancia.

Los maestros no nos debemos conformar con que los alumnos sólo identifiquen cuando hay una reacción química, porque hay 50% de probabilidad de equivocarse, ni tampoco decir que es una reacción química porque hay cambio de propiedades, una afirmación que se puede hacer para que ellos reflexionen es que –los químicos han encontrado cerca de 50 millones de sustancias diferentes y una forma de distinguirlas son sus propiedades, si una sustancia puede cambiar sus propiedades, ¿Cómo se podría identificar?

La idea es indicar que la característica principal de una reacción química es la formación de nuevas sustancias, por eso con las actividades experimentales y con los ejercicios se propone que el alumno argumente la serie de características diferentes que la(s) sustancia(s) nueva(s) tienen.

Es importante señalar que desde esta primera actividad, los estudiantes tienen mucha curiosidad por conocer qué sustancias se están utilizando, con el fin de buscar en libros o por sí mismos lograr establecer ecuaciones. Si esto se hiciera se perdería mucho de la reflexión que tienen que realizar, por lo que el profesor tiene que hacer uso de su creatividad para no mencionar nombres de sustancias cuando estén realizando la actividad. Posteriormente se pueden dar, pero sólo los de la actividad 3, ya que los de la actividad 2 se van a utilizar en la secuencia didáctica experimental 2.

Por otra parte, desde el punto de vista de la educación ambiental, es necesario mencionar a los estudiantes que la sustancia formada es peligrosa, por lo que no se derraman al drenaje y se hace la recolección de éstas en frascos por parte del profesor.

### **6.1.2 Replanteamiento y adaptación de la secuencia didáctica experimental 2**

#### **Justificación**

Esta secuencia tiene el propósito, de complementar el estudio acerca de lo que hace falta para que se lleve a cabo una reacción química a nivel macroscópico.

Las concepciones alternativas que tienen los alumnos al respecto son:

- ❖ Difícilmente distinguen entre cambio físico, como es la disolución, y una reacción química.
- ❖ Piensan que para que haya reacción química debe haber atracción entre las sustancias.
- ❖ No consideran movimiento de las partículas por sí solas.
- ❖ La reacción química la consideran instantánea.
- ❖ Más adelante en el tema de equilibrio químico, los alumnos parecen ver los sistemas de equilibrio (en particular los reactivos y los productos) como consistentes en dos compartimentos independientes y separados, más que como un todo (Hierrezuelo y Montero, 1988), esta concepción se ha dado en llamar “compartimentación”.

Esta propuesta va encaminada a que, en este proceso de reflexión, el alumno reafirme que en una reacción química se está formando una nueva sustancia, pero además haga interpretaciones acerca de:

- Que las sustancias se trasladan (tienen movimiento). Esto aportará, más adelante, elementos de comprensión a la teoría cinético molecular.
- Que si dos sustancias interactúan, no implica que se tenga que llevar a cabo una reacción química.

Además:

- Distinguir de forma implícita, entre una reacción química y una disolución, utilizando pares de sustancia donde sea obvio la formación de nuevas sustancias y pares donde no se observe ni aprecie ningún cambio.
- Obtener más argumentos para la discusión sobre la reacción química.

## **Presentación**

Esta secuencia consta de 4 actividades

1. La primera se recomienda que sea únicamente demostrativa, por las características tóxicas del acetato de plomo
2. Las otras tres, son apropiadas para trabajar en equipos de 4 a 6 integrantes, para luego discutir las grupalmente.

- Tiempo aproximado: 2 horas

**Equipo** para todas las actividades

- caja Petri
- 2 espátulas

### **Condiciones:**

- Equipo de laboratorio completamente limpio
- Sin electricidad, sin calor, etc.

### **Recomendaciones:**

- Uso de bata
- No tocar
- No desperdiciar
- No tirar fuera del frasco los materiales
- Los residuos coleccionarlos en el lugar que indique el profesor.

## **Estrategia Didáctica Experimental 2**

### ***¡ENCUENTRO ENTRE SUSTANCIAS!***

### ***¡Y SIN EMBARGO SE MUEVEN! Y SE ENCUENTRAN LAS SUSTANCIAS***

Interacción entre sustancias sólidas en medio acuoso  
(versión para profesores secuencia 2)

#### **Propósitos:**

- Reafirmar que en una reacción química se produce una nueva sustancia.
- Observar, distinguir y discutir aspectos importantes en la realización de una reacción química en disolución acuosa, como son la disolución y la migración (o difusión).

#### **Actividad 1. Demostrativa por el profesor**

##### **Material**

Una caja Petri  
Dos espátulas  
Una piceta con agua destilada  
La *cámara videoflex*  
Acetato de plomo (sustancia A)  
Yoduro de potasio (sustancia B)

##### **Recomendaciones:**

- ❖ Colectar los residuos, para una posterior disposición

##### **Sugerencias para el docente 1.1**

- No se les dará el nombre de las sustancias sólo se nombrarán “A” y “B”
- Advertir que ambos son polvos peligrosos por lo que no pueden tocarlos (sólo con la espátula)
- Aunque la reacción se puede realizar en otro recipiente, como un tubo de ensayo, el uso de la caja Petri aporta ventajas, ya que separa tres procesos: disolución, migración y espacialmente la reacción.
- Tener cuidado de no contaminar las sustancias, por lo que cada una tiene que ser manejada con una espátula diferente.
- Conectar la *cámara videoflex* al televisor y enfocarlo hacia la caja donde se va a realizar la actividad. Tener cuidado de ya no moverlo para que no mueva las sustancias en la caja Petri.



## Procedimiento

- Es indispensable colocar la caja Petri en posición perfectamente horizontal y sin que se mueva.
- Agregar agua a la caja Petri
- Mostrar las sustancias que se van a utilizar y que los estudiantes describan sus características.
- En un extremo colocar una mínima cantidad de acetato de plomo (A)
- En el otro extremo colocar una mínima cantidad de yoduro de potasio (B)

### Sugerencias para el docente 1.2

- No tocar ni mover la caja Petri.
- Como el yoduro de potasio migra más rápido que el acetato de plomo, es esencial que el acetato de plomo se coloque primero.
- Darles pocos minutos para dibujar este arreglo esquemáticamente en papel. Durante ellos realizan el dibujo, aparecerá la línea amarilla de ioduro de plomo, a la mitad de la caja Petri.
- No mencionar que se lleva a cabo una reacción química.
- Es de importancia crucial escuchar los comentarios de los estudiantes durante este proceso.
- Esperar las preguntas que ellos hagan, de no ser así, hacer preguntas por equipo, para después llegar a la discusión grupal. Las preguntas que se sugieren son como, ¿qué es esa línea amarilla? y ¿por qué se formó a la mitad?
- Algunos alumnos consideran que las sustancias se atraen, si sucede esto, volver a realizar la actividad agregando primero el ioduro de potasio y esperando 3 a 4 minutos, para después agregar el acetato de plomo. Si no hacen esta afirmación, mencionar que en otro grupo lo dijeron y que ellos qué les responderían a ese grupo.
- Confrontar su hipótesis anterior, con las nuevas observaciones. Esperar un poco de tiempo a que haya una reflexión para ver si hay un replanteamiento de su primera consideración.
- Nombrar a esta propagación espontánea como difusión o migración.

## Actividad 2. En Equipo

En lugar de yoduro de potasio y acetato de plomo utilizar los pares de sustancias siguientes:

1. Yoduro de potasio y sulfato de cobre.
2. Azúcar y sal en agua.
3. Una capa muy delgada de una disolución muy diluida de ácido acético y un poco de bicarbonato de sodio (pueden usar indicadores ácido-base).

## **Procedimiento para cada uno de los pares de sustancias a trabajar**

- Colocar la caja Petri en posición perfectamente horizontal y sin que se mueva.
- Agregar agua a la caja Petri
- Mostrar las sustancias que se van a utilizar y que los estudiantes describan sus características.
- En un extremo colocar una mínima cantidad de la sustancia (A)
- En el otro extremo colocar una mínima cantidad de sustancia (B)

### **Sugerencias para el docente 1.3**

- Al empezar a trabajar con cada par de sustancias los estudiantes tienen que caracterizar a las sustancias. También a la que se forma, sí acaso hay formación de nueva sustancia.
- Aunque se forman dos sustancias, no mencionarlo y sólo caracterizar a la que se puede percibir. Al final de la actividad ya se puede decir que se formó
- El yoduro de potasio migra más rápido que el sulfato de cobre, por lo que se recomienda agregar primero el sulfato. Esta reacción es más lenta que con el acetato de plomo
- En el caso del par de sustancias, sal de mesa y azúcar, es pertinente mencionar sus nombres.
- Cuando se utilice algún indicador en el caso del ácido acético, no mencionarlo. Preparar la disolución del ácido acético con el indicador.
- Pueden realizarse los mismos pares de sustancias con agua a temperatura ambiente y tibia y a partir de esto los alumnos sugieran otros cambios, aunque estos deben de ir encaminados a distinguir que la reacción química es un proceso.

### **Reflexión de las actividades:**

- Insistir que en una reacción química se forman nuevas sustancias. El ácido acético diluido con bicarbonato de sodio, es un buen ejemplo, ya que al presentarse el ácido en disolución, será rodeado lentamente por un anillo de burbujas por la formación de dióxido de carbono.
- Enfatizar que una reacción química se lleva a cabo mediante un proceso, el cual consiste en un antes, un durante y un después y en el cuál debe haber migración de las partículas y choques entre ellas.
- Con el yoduro de potasio y sulfato de cobre se puede observar que el sulfato migra más lentamente que el acetato de plomo por lo que se puede mencionar que no todas las sustancias migran a la misma velocidad. Con este mismo par de sustancias se puede calentar el agua para observar como afecta a la rapidez del proceso.
- De lo anterior, concluir que el durante puede variar, si hay cambios de temperatura.

· Con el azúcar y la sal, se puede inferir que, aunque no hay reacción química, sí hay migración, colisiones y disolución.

· Con todo esto, si se produce una nueva sustancia entonces se lleva a cabo una reacción química y si no se produce la nueva sustancia, no hay reacción pero sí choques y migración. Esto puede servir de introducción al estudio del modelo cinético molecular.

En todos los casos, mencionar donde sí se están formando nuevas sustancias y enfatizar que se lleva a cabo un proceso que consiste en; la disolución, migración, y colisión de las partículas que integran a las sustancias.

### **Evaluación:**

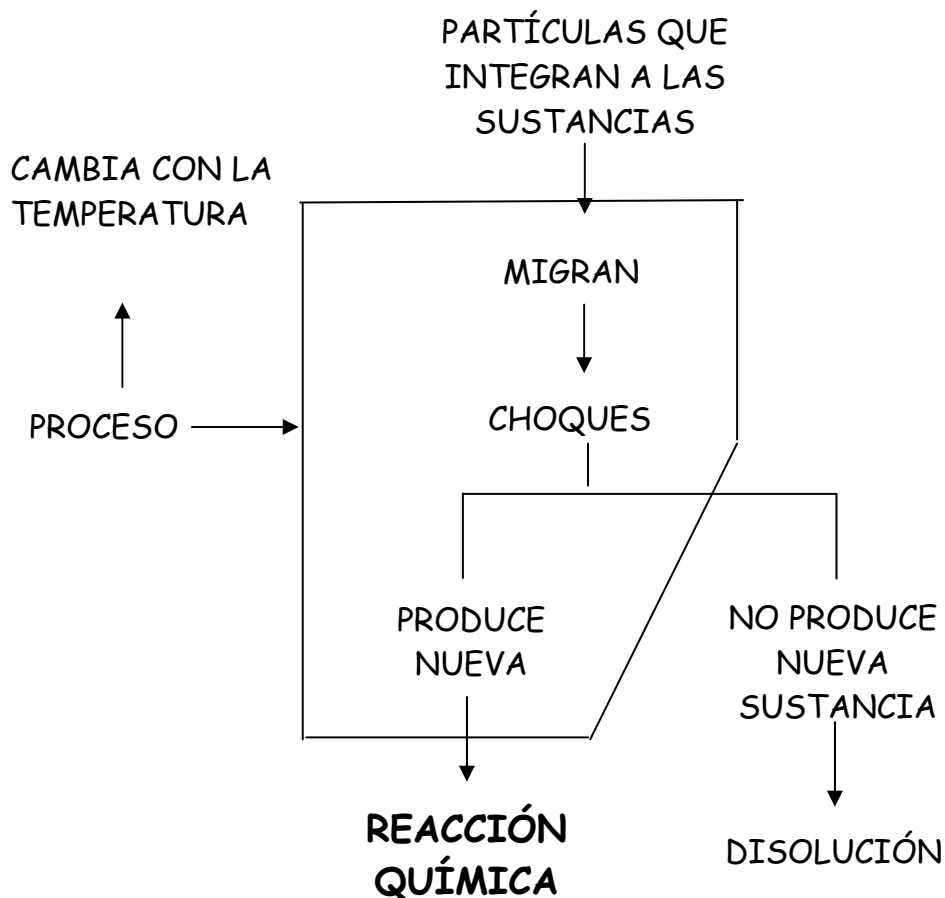
- Discusión dirigida ya que se podrá observar progreso en la forma de argumentar de los alumnos.
- Pedir a los estudiantes que, por equipo, realicen una descripción detallada por escrito de lo que sucedió con cada uno de los pares de sustancia.
- Explicar en equipo, qué entienden por los términos disolución, migración (o difusión) y reacción.

### **Resultados**

Al describir las características de las sustancias, van apreciando otras propiedades diferentes al color.

Al igual que los autores lo mencionan, la mayoría de los estudiantes consideran que la línea amarilla se forma a la mitad de la caja Petri porque las sustancias se atraen mutuamente. Cuando repiten la actividad colocando el yoduro de potasio al principio, ellos esperan que no haya movimiento en cuanto no se agregue la otra sustancia y sí se sorprenden cuando al agregar esta segunda sustancia, se forma inmediatamente la nueva sustancia amarilla. De esta manera se contrasta el pensamiento de los estudiantes con la actividad experimental. Con este trabajo los estudiantes llegan a interpretar la idea de que las partículas de cada sustancia están en movimiento y que esto producirá choques entre ellas.

Cabe destacar que no se habla de mezclas, se hace énfasis en que sí hay obtención de nueva(s) sustancia(s) hay reacción, y si no se forma una nueva sustancia, entonces no hay reacción. Esto se muestra en la siguiente figura:



*Figura 6.2 Pasos Importantes de una Reacción*

Con respecto a la explicación de los términos disolución, migración (o difusión) y reacción, a continuación se presenta el resultado del grupo 214 de Química II.

La actividad se llevó a cabo con alumnos del profesor Ramiro González Ayón, durante el semestre 2005-II. Cabe señalar que estos alumnos habían visto la definición de reacción química. Además, durante sus cursos de Química I y II, distinguían entre los niveles macroscópico y microscópico.

La siguiente tabla contiene los resultados por equipo, y con fondo gris las mejores explicaciones que se obtuvieron. Se discutió en clase, y al final, se dio la mejor explicación a partir de lo que mencionó cada uno de los equipos.

Tabla 6.1. Actividad.- Más detalles de la Reacción Química  
(respuestas por equipo)

EQ.	DISOLUCIÓN	MIGRACIÓN (O DIFUSIÓN)	REACCIÓN
1	Cuando una sustancia por medio de otra como podría ser el agua, mezcla homogéneamente, y si se llega a dar el caso podría haber una reacción con otra sustancia que se encuentre en el agua	Es cuando una sustancia depende de otra como medio para moverse libremente por el espacio de dicha sustancia	Es la separación y unión de enlaces de dos o más elementos para formar una nueva sustancia y así tener una estabilidad. MACROSCÓPICAMENTE es cuando un sólido, un líquido o un gas cambia tanto en su estado físico como en otras propiedades específicas cuando se combina con otras ya sea sólido, gas o líquido, es decir hacen una sustancia nueva
2	Es cuando una sustancia se revuelve con el líquido	Cuando una sustancia se disuelve en una sustancia líquida	Formación de una nueva sustancia con características diferentes a las que tenían las sustancias de las cuales partió
3	Está relacionada con la difusión, porque el soluto (se encuentra en menor cantidad) y el disolvente (se encuentra en mayor cantidad), el soluto se extiende a través del disolvente	Es cuando una sustancia se expande, (porque se encuentra en movimiento)	Son las rupturas y uniones entre los elementos para formar nuevos enlaces. Las sustancias originales pierden sus propiedades, porque al reaccionar se forma una nueva sustancia con propiedades distintas a las originales
4	En una mezcla homogénea. Es cuando un sólido se mezcla con un líquido y forman una sustancia	Es cuando una sustancia se mueve en un líquido y da paso a una disolución	Es un cambio en el que dos o más sustancias se unen para formar una nueva sustancia, conservando algunas de sus propiedades y adquiriendo otras.
5	Es cuando una sustancia sólida, líquida o gaseosa se disuelve, se combina gracias al disolvente. Se reparte en una sustancia uniformemente	La sustancia se mueve y va expandiéndose hasta formar una disolución	Al combinarse o juntarse dos sustancias distintas, es decir que se combinan y dan como resultado una nueva sustancia con características y propiedades distintas a las que tenían las sustancias originales
6	Es cuando una sustancia se mezcla con otra sin formar otra nueva	Es cuando una sustancia se expande y se mueve en el medio en el que se encuentra	Es el resultado de la combinación de dos sustancias para crear una nueva
	Es cuando una sustancia sólida, líquida o gaseosa se reparte o extiende en una sustancia uniformemente sin formar otra nueva	Es cuando una sustancia depende de otra como medio para moverse libremente por el espacio de dicha sustancia	Al combinarse dos sustancias distintas, o más, dan como resultado una nueva sustancia con características y propiedades distintas a las de las sustancias originales. La reacción involucra diferentes procesos para que se lleve a cabo

### 6.1.3 Replanteamiento y adaptación de la secuencia didáctica experimental 3

#### Relato del trabajo experimental:

##### Justificación

El presente trabajo, tiene la finalidad de conocer otras formas de manifestarse una reacción química. La propuesta, es estudiar reacciones que no necesiten de energía para que se lleven a cabo (energía de activación nula), esto es porque si la reacción necesita de energía para que se lleve a cabo, no va a ser fácil que el alumno distinga el cambio de temperatura en el proceso, como el caso de una lámina de cobre que se calienta para formar el óxido de cobre y los estudiantes la clasifican como endotérmica.

Esta característica de la reacción química es importante que la conozca el alumno en este nivel introductorio, porque más adelante va a requerirse para relacionar a nivel nanoscópico. ¿Cómo es que se explica que suceda esto?, y entonces se necesite hablar del modelo de enlace, o al mismo nivel macroscópico, pero a un nivel más avanzado hablar de cambio de entalpía de reacción.

Con respecto a estos conceptos se encontró en diferentes referencias las siguientes definiciones que se comentarán:

“Las reacciones químicas que resultan en la liberación de calor son *reacciones exotérmicas*”.

“Si la energía se proporciona como calor, se dice que tales reacciones son *reacciones endotérmicas*.” (Hill y Kolb, 1999)

Esta definición al igual que la siguiente:

“*Endotérmico*.- Proceso que requiere energía”

“*Exotérmico*.- Proceso que libera energía” (Escalona, 1998)

se dan a un nivel macroscópico, pero resultan inapropiadas conceptualmente ya que según estas, la combustión o la formación de óxido de cobre, explicado anteriormente, serían endotérmicos.

“*Las reacciones exotérmicas* emiten calor a los alrededores.”

“*Las reacciones endotérmicas* absorben calor”. (Spencer y Bodner, 2000)

Esta definición por ejemplo, habla desde un contexto termodinámico.

“Cuando ocurre un proceso en el que el sistema absorbe calor, decimos que el proceso es *endotérmico* (endo- es un prefijo que significa “adentro”). Durante un proceso endotérmico, fluye calor hacia adentro del sistema desde su entorno. Por ejemplo, la fusión del hielo es un proceso endotérmico.”

“Un proceso que produce desprendimiento de calor se caracteriza como *exotérmico* (exo- es un prefijo que significa “afuera”). Durante un proceso exotérmico fluye calor hacia afuera del sistema, hacia el entorno. Si tocamos un recipiente en el que está ocurriendo un

proceso exotérmico, se siente caliente. La combustión de gasolina es un ejemplo de proceso exotérmico.” (Brown, 1991)

En estas definiciones como se puede percibir, también se encuentran en un contexto termodinámico y hacen alusión tanto a reacciones como a cambios físicos. Además involucra un lenguaje más termodinámico.

“La combustión de la madera es un claro ejemplo de un *proceso exotérmico*. Una vez encendida la madera, la reacción genera el calor suficiente para mantenerla así. Sucede una liberación neta de calor, que es la razón de que sea una *reacción exotérmica*.”

“La *reacción exotérmica* libera calor porque los productos están en un nivel energético menor que los reactivos. La *reacción endotérmica* absorbe calor porque los productos están en un nivel energético más alto que los reactivos. Todas las reacciones endotérmicas se caracterizan por la absorción neta de energía.”

“En el proceso de electrólisis se emplea energía eléctrica para romper los enlaces covalentes que unen a los átomos de hidrógeno con los átomos de oxígeno en las moléculas de agua; los dos átomos de hidrógeno se juntan por pares para formar moléculas de hidrógeno y los átomos de oxígeno se juntan por pares para formar moléculas de oxígeno. La formación de los nuevos enlaces libera energía, pero no tanta como la cantidad que se necesita durante la ruptura de los enlaces. Durante la electrólisis se tiene que adicionar energía constante. La reacción absorbe energía y, por lo tanto, es endotérmica”(Phillips, 1999)

“*Reacciones exotérmicas* se presentan cuando, en la formación de nuevos enlaces, se libera más energía que la requerida para romper los enlaces de los reactivos iniciales”

“*Reacciones endotérmicas* se presenta cuando, para romper los enlaces existentes en los reactivos se necesita mayor cantidad de energía que la liberada cuando se forman los nuevos enlaces de las moléculas del producto.” (Dingrado, et. al., 2002)

Estas dos últimas definiciones explican lo que es una reacción exotérmica y endotérmica pero a un nivel nanoscópico, utilizando el modelo de enlace para esto.

Todas estas definiciones no son específicas para un nivel introductorio macroscópico, y más aún, se encuentran como temas separados, en diferentes capítulos, y sin interconexión.

De estas definiciones, de su enseñanza, y de su relación con otros conceptos se muestran algunas concepciones alternativas de los estudiantes como son:

- Si la reacción necesita energía para que se lleve a cabo, entonces es endotérmica.
- Si la temperatura es constante, entonces ya no se produce calor. Por ejemplo, al llegar a ebullición el agua, como la temperatura ya no cambia, la combustión del combustible que se utiliza ya no produce calor

En vista de lo anterior, esta propuesta va encaminada a que el alumno reconozca que:

- El cambio de temperatura también es una característica para conocer si se llevó a cabo una reacción química o no.
- La formación de una nueva sustancia involucra también cambios de temperatura.

### **Presentación**

Dirigida a los estudiantes que estén en el primer curso de química del bachillerato y tiene la intención de que el alumno reconozca que puede haber cambios de temperatura cuando se llevan a cabo reacciones químicas, la cual es otra forma de manifestarse una reacción química. En esta etapa todavía no se darán explicaciones a nivel nanoscópico.

Consta de 3 **actividades:**

1.- Trabajo en equipos de 2–5 alumnos.

- Tiempo aproximado: 2 horas
- Cada apartado cuenta con Estrategias Didácticas para orientar al profesor

#### **Condiciones:**

- Sin electricidad, sin calor, sin indicadores, etc.

#### **Recomendaciones:**

- Uso de bata



## **Estrategia Didáctica Experimental 3**

### ***REACCIONES EXOTÉRMICAS Y ENDOTÉRMICAS***

(título para profesores)

0

### ***¡DESVISTIÉNDOLA MÁS.....!***

(título para alumnos)

Adentrándonos en la caracterización de las reacciones químicas

(versión para profesores)

#### **Propósitos:**

- Reafirmar que en una reacción química se produce una nueva sustancia, pero que ésta no sólo se puede manifestar porque tiene diferente color la(s) sustancia(s) nueva(s).
- Detectar cambios de temperatura al llevarse a cabo una reacción.
- Reconocer que hay una relación entre el cambio de temperatura y la reacción,
- Clasificar a las reacciones químicas que involucran aumento o disminución de temperatura en exotérmica y en endotérmica respectivamente.

#### **Actividad 1. En Equipo de 3 a 4 personas.**

##### **Material**

Un tubo de ensayo

Una varilla de vidrio

Fibra metálica (para lavar trastes)

Una disolución de sulfato de cobre 0.5 M

Una probeta de 10 mL

##### **Sugerencias para el docente 1.1**

- A partir de las concepciones alternativas sobre este tema, utilizar reacciones en las que la energía de activación no es importante y donde haya cambios de temperatura espontáneos.
- Presentar una reacción química en donde no sólo se involucra la formación de una sustancia de diferente color, sino además existe un cambio de temperatura.
- No se les dará el nombre de la sustancia líquida (sólo reconocen la fibra)

##### **Procedimiento**

- Aproximadamente 0,5 g. de fibra metálica se colocan dentro de un tubo de ensayo que contiene 5 mL de 0,5 M de una disolución de sulfato de cobre. (Se debe tomar cuidado de no compactar la fibra, sino de distribuirla uniformemente)

### **Sugerencias para el docente 1.2**

- Recordarles que el observar involucra los cinco sentidos, pero que en esta ocasión sólo utilizaremos la vista, el tacto, el oído y el olfato. El tacto al tubo de ensayo es importante para percibir el aumento de temperatura. Podemos utilizar el microscopio también para observar sólidos, por ejemplo con una navaja raspar la superficie del alambre y colocar este polvo en un vidrio de reloj.
- Discutir los cambios observados y dirigirlos a reconocer la formación de dos nuevas sustancias y hablar de las características que presentan cada una de ellas. Insistir que las propiedades de las nuevas sustancias no son la combinación de las propiedades de las sustancias que dieron paso a su formación.

### **Actividad 2. En Equipo de 3 a 4 personas.**

#### **Material**

Dos vasos de precipitados de 50mL

Un termómetro

Una varilla de vidrio

Una disolución de ácido clorhídrico 2 M (disolución 1)

Una disolución de hidróxido de sodio 2 M (disolución 2)

Pipeta beral

### **Sugerencias para el docente .2.1**

- No utilizar indicadores.
- Confrontar al estudiante con una reacción que no involucra ningún cambio de color.
- Las disoluciones se marcan con los nombres “disolución 1” y “disolución 2”, advirtiéndoles no tocar ni derramar a ninguna de ellas.

### **Procedimiento**

Adicionar consecutivamente (en seis tubos de ensayo) de una a seis porciones de 2 mL de ácido clorhídrico 2M (disolución 1) a 10 mL de una disolución de hidróxido de sodio 2M.

Utilizar un termómetro y medir la temperatura del ácido clorhídrico e hidróxido de sodio (disolución 2) al inicio de las adiciones y después de cada una de las adiciones.

### **Actividad 3. En Equipo de 3 a 4 personas o como demostración del profesor.**

#### **Material**

Un vaso de precipitados de 50mL

Un termómetro

Una espátula

Una varilla de vidrio

Hidróxido de bario

Nitrato de amonio

### **Sugerencias para el docente 1.**

- Se puede utilizar nitrato de amonio o cloruro de amonio.
- Las disoluciones se marcan con los nombres “disolución 1” y “disolución 2”, advirtiéndoles no tocar ni tirar ninguna de ellas.
- Observar los cambios que se produzcan y describirlos.
- Si en el colegio no se encuentran las sustancias sugeridas, ir a las páginas de internet <http://www.youtube.com/watch?v=GmiZ0huvZzs>, con 2.25 min de duración. En la página se presentan subtítulos en inglés indicando las sustancias que se utilizan por lo que se les pide a los estudiantes que anoten las sustancias y que describan lo observado para discutir en clase.

### **Procedimiento**

Colocar en el vaso de precipitados un poco de las dos sustancias y agitar vigorosamente. Utilizar un termómetro y medir la temperatura al inicio y al final del mezclado

### **Reflexión de las actividades:**

Realizar la distinción entre lo que es temperatura y calor es importante desde el punto de vista macroscópico. Se habla de la temperatura como una propiedad de todos los materiales Ej. las piedras, el suelo, los muertos, el alcohol, el agua, el aceite, el hierro, las nubes, etc., mientras que el calor solamente se va a producir cuando haya una diferencia de temperatura entre dos objetos en contacto. Se habla de sus diferentes unidades en las que se expresa la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ,  $^{\circ}\text{F}$ ,  $\text{K}$ ) y el calor ( $\text{cal}$ ) para que sea más clara su distinción.

Todo esto con el fin de discutir que el flujo de calor va a ser desde un cuerpo con mayor temperatura a otro de menor temperatura. Si la temperatura donde se lleva a cabo la reacción aumenta con respecto a la temperatura externa (alrededores), el flujo de calor va a ser hacia fuera por lo que se explicará que se desprende calor. Resumiendo, que si en una reacción química aumenta la temperatura, se desprende calor.

Por el contrario, cuando la temperatura disminuye al llevarse a cabo la reacción, el calor fluye hacia dentro o se absorbe calor.

Insistir en todas las actividades que en una reacción química se forman nuevas sustancias.

Enfatizar que en una reacción química se lleva a cabo desprendimiento o adsorción de calor durante el proceso.

Que los cambios de temperatura sólo se dan hasta que entran en contacto, chocan, y reaccionan las sustancias.

Esto puede servir de introducción al estudio del modelo de enlace. La pregunta al respecto puede ser ¿Por qué creen que cambia la temperatura?, ¿Habría una explicación del porqué cambia?

## **Evaluación:**

- Pedir a los estudiantes que de manera individual realice un escrito sobre lo que involucra una reacción química, tomando en cuenta las tres estrategias que han realizado. También es conveniente en este punto que comparen lo que sabían de la reacción química con lo aprendido.
- Explicar en equipo, qué entienden por: calor, temperatura, reacción exotérmica y endotérmica. Ilustrar mediante dibujos.

## **Resultados**

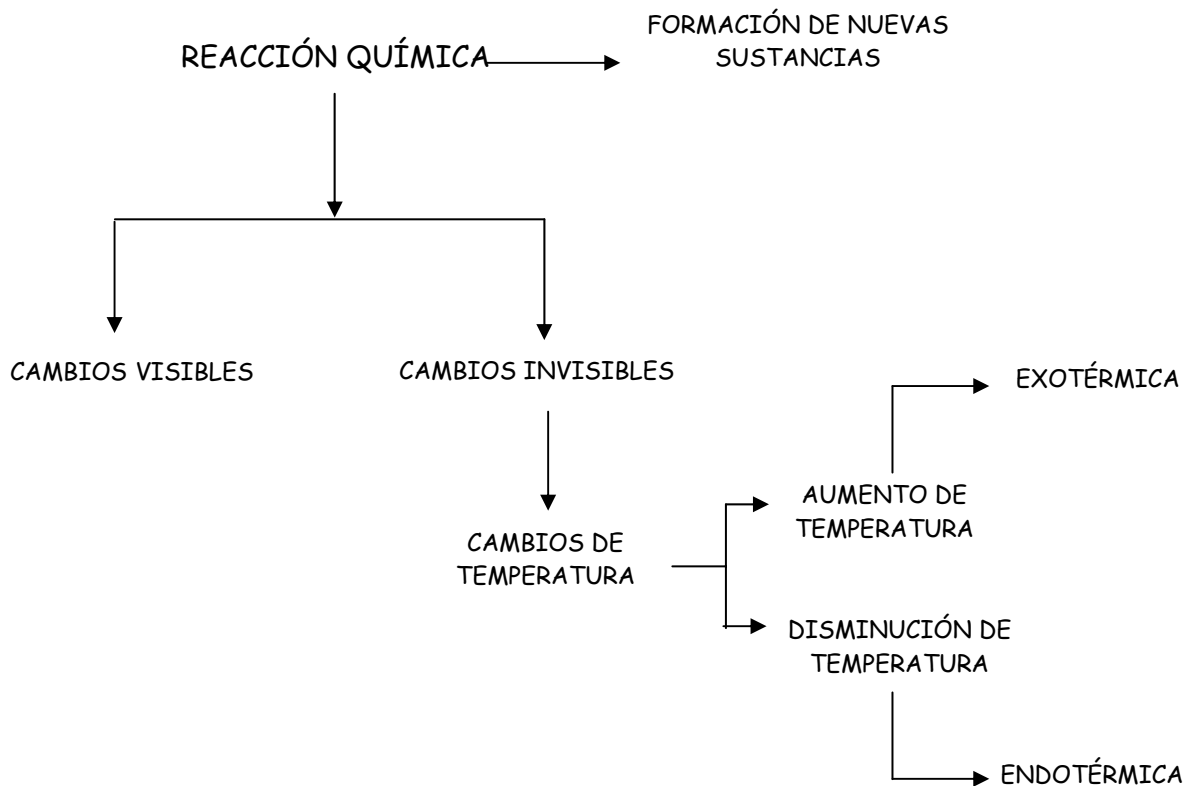
En la actividad 1, cuando se les pregunta ¿qué sucedió?, en lugar de reiterar que se lleva a cabo una reacción y que se formaron dos sustancias nuevas, los alumnos mencionan sólo que se oxidó la fibra. La discusión no se debe dirigir a realizar una clasificación de las reacciones químicas, sino a describir con mayores argumentos la reacción química. Es importante la caracterización de las sustancias originales y de las nuevas y así poder mencionar que se están produciendo completamente nuevas sustancias.

En la actividad 2, cuando la primera porción de ácido clorhídrico se agrega, la temperatura aumenta de 3 a 4 °C sin ningún otro cambio. Las adiciones subsiguientes de porciones de 2 mL producen algo similar pero incrementos de temperatura más pequeños hasta que los 10 mL se agregan.

Con respecto a lo que es una reacción química endotérmica, los estudiantes se confunden con la energía de activación, ya que definen que una reacción endotérmica es la que involucra suministro de energía para que se realice, por lo que debe discutirse la diferencia entre “necesitar energía”, y “absorber o desprender energía”.

Se hace énfasis que durante la reacción, se puede distinguir fácilmente la formación de la nueva sustancia, pero que esto no siempre es así, y que los cambios de temperatura ayudan a distinguirla, porque en las reacciones químicas hay cambios de temperatura asociados.

Esto se muestra en la siguiente figura:



*Figura 6.3 Manifestación de una Reacción*

En este punto se les puede comentar que existe una rama de la Química llamada Termoquímica, la cuál, entre algunas de sus tareas es cuantificar la cantidad de energía que se libera o absorbe durante una reacción y que cada reacción involucra diferentes cantidades de calor.

#### **6.1.4 Replanteamiento y adaptación de la secuencia didáctica experimental 4**

El presente trabajo tiene la finalidad de introducir al alumno en explicaciones a nivel nanoscópico, sobre lo que involucra una reacción química. A partir de las tres secuencias anteriores, se trata de contestar a la pregunta ¿cómo explicar que se están formando nuevas sustancias? Y a partir de esta pregunta, ir y venir de lo macro a lo nano, pero indicando a los alumnos que la parte nanoscópica sirve para explicar los hechos.

#### **Justificación**

Esta es la primera secuencia que interrelaciona la parte macroscópica con la nanoscópica, y se utiliza para distinguir entre disolución, cambio de estado de agregación y reacción química.

Para poder hablar a nivel nanoscópico es necesario e importante la adquisición de conocimiento conceptual en modelos, pero también es necesario apreciar cómo y por qué estos modelos se construyen.

Como se explicó anteriormente, Erduran menciona que los modelos se han utilizado como versiones finales del conocimiento de la materia; que los libros a menudo no aclaran la distinción entre modelos sino que presentan con frecuencia modelos híbridos; que se presentan modelos físicos en lugar de modelos químicos; que existe una tendencia creciente por empezar con conceptos teóricos tales como el “átomo”; que el conocimiento químico que se enseña en clase se complementa con la experimentación, que se piensa proporciona a los estudiantes la oportunidad de experimentar la química como indagación. Sin embargo, no ha sido usada en el ambiente educativo como una actividad para la cuál se desarrollan, se evalúan y se revisan los modelos, Más bien, la experimentación se limita a recoger datos y comprobar conocimiento de libros (Erduran, 2001).

Se deben presentar los modelos como que son construidos para desarrollar ideas, antes que una copia de la realidad

De la forma en que se han enseñado los modelos, al hablar específicamente del modelo corpuscular de la materia, se desencadenan una gran cantidad de concepciones alternativas (Trinidad y Garritz, 2003), reportadas en una gran cantidad de trabajos (como Novick, Nussbaum, Llorens, Andersson, Renström, Marton, Haidar, Abraham, Gabel, Bunce, de Vos, Verdonk, Pozo, Gómez, Sanz, Benarroch, Gallegos). Otros estudios que se han llevado a cabo con estudiantes de nivel medio, indican que los estudiantes mantienen sus concepciones aún después de realizar estudios formales de química; esto es, imaginan la materia como continua, estática y sin espacios vacíos entre sus partes y este pensamiento es dirigido hacia lo concreto y observable.

Cuando los alumnos trascienden esta etapa de pensamiento continuo de la materia, penetran en otra en la que piensan que la materia está constituida por partículas, no precisamente iguales a los átomos y las moléculas de las ideas científicas, ya que para ellos, las partículas experimentan los mismos cambios que se perciben a nivel macroscópico. Es decir, si la materia es de color ocre, sus partículas son ocre, si la materia se expande al pasar al estado gaseoso, las partículas se expanden igualmente; si un metal es maleable, los átomos que lo constituyen también lo son, etc.

Es importante notar que sobre éste punto, algunos libros (Dingrado, et al, 2002), hablan de partículas sólidas y partículas líquidas, en lugar de las partículas de un sólido o de un líquido, y que, los profesores y los alumnos reproducen esta idea. El profesor tiene que tener cuidado al hablar y al escuchar a sus alumnos para no incidir en esto.

De la concepción corpuscular de la materia se ha estudiado, los estados de agregación, los cambios de fase, las reacciones químicas, las disoluciones, la difusión, la conductividad eléctrica y la emisión de luz, entre otras, de las que nos enfocaremos en las cuatro primeras.

Andersson realizó una revisión de los estudios sobre la estructura de la materia y sus transformaciones y distingue cinco categorías de respuestas, o modelos de transformación de la materia (cambio químico) (Andersson, 1990)

- ❖ Así suceden las cosas
- ❖ El desplazamiento de material.
- ❖ Modificación
- ❖ Transmutación
- ❖ Interacción química

Que luego aprovecha para describir los estados de agregación, las transformaciones de fase y la conservación de la cantidad de sustancia, entre lo que agrega:

- ❖ Desaparición. Literalmente, algunos alumnos piensan que la materia desaparece cuando, por ejemplo, se evapora un charco o se disuelve azúcar en agua.

La proyección del nivel macroscópico sobre el nanoscópico también se observa cuando se discuten las transformaciones de la materia. Esto significa que los modelos de desaparición, desplazamiento, modificación y transmutación, son aplicados a los átomos y moléculas, pero, el dato más llamativo es que el patrón de representaciones sobre la naturaleza de la materia también se repite, en proporciones elevadas, entre sujetos que pueden considerarse, a todos los efectos, como expertos, los licenciados y potenciales profesores de física y química (Gutiérrez, Gómez y Pozo, 2005).

De lo anterior, la siguiente propuesta va encaminada a que el alumno:

- ✓ Explique lo que sucede en los hechos (nivel macroscópico), con modelos. De esta forma podrá encontrar utilidad en el uso de modelos.
- ✓ Relacione e identifique tanto la información correspondiente al nivel macroscópico como la referente al nivel nanoscópico.
- ✓ Que el alumno tenga más herramientas para argumentar sobre lo que es y lo que no es una reacción química.

## **Presentación**

Estas actividades siguen formando parte de la secuencia acerca de lo que involucra una reacción química. Tienen la intención de relacionar el nivel macroscópico con el nanoscópico, al introducir el modelo corpuscular de la materia. La introducción de este modelo se hace a partir de hechos, para que el alumno entienda que para poder explicar ciertos eventos, es necesario e importante generarlos. Con esto se pretende que el alumno adquiera un nivel de pensamiento en el que vea a los modelos no como una copia de la realidad, sino que comprenda que se construyen para desarrollar ideas y que entienda que el modelador es activo en el proceso de modelado.

También se pretende relacionarlo con otras secuencias, específicamente la segunda, ya que a partir de esto se puede concluir que si las sustancias están en movimiento, es porque las partículas químicas de las sustancias se encuentran en movimiento. Con esto se quiere dar la idea de que las partículas no se encuentran de ninguna manera de forma estática, y hablar de la dinámica que debe de existir entre ellas.

Consta de 4 **actividades**

- 1.- Trabajo en equipo de 2-5 alumnos
  - Tiempo aproximado: 4 horas
  - Cada apartado cuenta con Estrategias Didácticas para orientar al profesor.

**Condiciones:**

- Esta secuencia está más involucrada con actividades tales como: investigar, reflexionar, relacionar, comparar, etc. Que con actividad experimental

**Recomendaciones:**

- Escuchar primero las ideas de los alumnos y después explicar con argumentos



## **Estrategia Didáctica Experimental 4**

### ***REACCIÓN QUÍMICA A NIVEL NANOSCÓPICO***

*(título para profesores)*

O

### ***MODELANDO LA REACCIÓN QUÍMICA***

*(título para alumnos)*

#### **Propósitos:**

- ❖ Que el alumno caracterice a las sustancias por tener una misma partícula química que se repite.
- ❖ Insistir en que en una reacción química se produce una nueva sustancia a nivel macromolecular, y que el alumno la interprete al nivel nanoscópico como la formación de nuevas partículas químicas.
- ❖ Que el alumno explique que sucede en un cambio de estado de agregación.
- ❖ Explicar que los cambios de fase, sólo hay cambio en el movimiento de las partículas químicas.
- ❖ Que el alumno distinga la diferencia entre una disolución y una reacción química.

#### **Actividad 1**

Como ya anteriormente manejaron diversas sustancias, mencionar que éstas pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas y dar ejemplos. A partir de esto:

**Pregunta.** ¿Cómo puedo explicar que existan sustancias sólidas, líquidas y gases?

Dejar que argumenten los estudiantes, pero dirigir la discusión a que es necesario el uso de modelos para poder explicar este hecho.

MODELO.- Afirmar que todas las sustancias están formadas de partículas, Dirigir la discusión que si las sustancias están formadas por partículas, que en un sólido se encuentran más atraídas que en los líquidos y estos a la vez más atraídas que en un gas.

Pedir que dibujen esta situación.

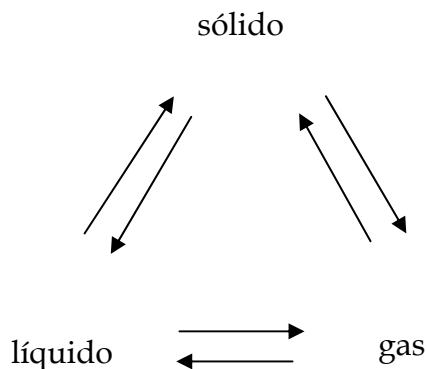
#### **Sugerencia para el docente 1.1**

- Se sugiere no mencionar que se trata del modelo corpuscular de la materia en un principio.
- El modelo ya lo conocen de la secundaria, aunque lo que ignoran es el hecho de que se trata de un modelo, por lo que si ellos no lo mencionan, se puede describir.

## Actividad 2

Sí las partículas de un sólido están más atraídas que en un líquido, y éstas a la vez más atraídas que en un gas.

**Pregunta.** ¿Cómo explico que pueda haber cambios en el estado de agregación de una sustancia?



MODELO.- Hacer hincapié que un cambio de fase se explica por ser el resultado de cambios en el movimiento de las partículas, que no se forman nuevas partículas, que las partículas deben seguir siendo las mismas, con las mismas características, pero que se separan unas de otras.

Dirigir la discusión a lo que mencionaron en el primer modelo.

Pedir que dibujen algunas situaciones como pueden ser el agua de líquido a vapor, o alcohol etílico de sólido a líquido y viceversa, o el mercurio, o cualquier otra sustancia (dióxido de carbono)

### Sugerencia para el docente 2.1

➤ Es importante trabajar con diferentes sustancias, ya que es clásico hablar sólo de agua, y en este punto los estudiantes piensan que pocas sustancias pueden presentarse en cualquiera de los tres estados de agregación. Uno de ellos es el mercurio.

## Actividad 3

Esta actividad es una propuesta de Laura Gasque-Silva (Gasque, 1997) adaptada.

El propósito es que a partir de las propiedades y los estados de agregación de las sustancias, proponer modelos.

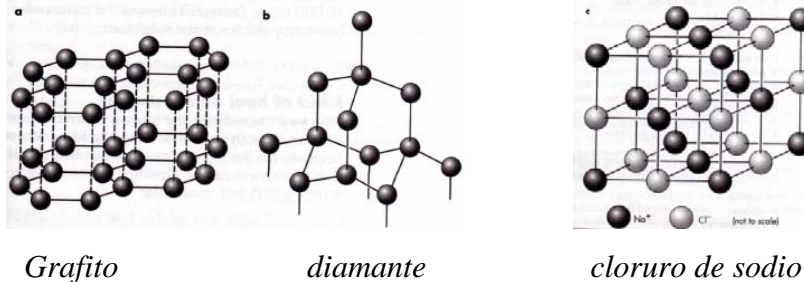
Que el estudiante investigue la temperatura de fusión de sustancias tales como: diamante, grafito, azúcar, cloruro de sodio, parafina, etc.

**Pregunta.** ¿Por qué, si todas son sólidas, tienen tan diferentes puntos de fusión? ¿Cómo lo puedo explicar? ¿Me sigue sirviendo el modelo anterior planteado?

Dejar que argumenten los estudiantes, pero continuar dirigiendo la discusión a que es necesario el uso de modelos para poder explicar hechos, y que los modelos tienen limitaciones o se complementan.

MODELO.- Si todo está formado por partículas, existen interacciones entre vecinas.

- ❖ Si es necesaria mucha energía para fundir al sólido, podemos explicarlo mediante interacciones en muchas direcciones (**multidireccionales**)
- ❖ Cada partícula está unida a varias vecinas y así sucesivamente
- ❖ Se forman **redes** tridimensionales.



Por lo contrario, un bajo punto de fusión se explica de la siguiente manera:

- ❖ Si a baja temperatura se funde el sólido, las **interacciones serían en sólo algunas direcciones (selectiva)**
- ❖ Se forman **moléculas**

Utilizar modelos físicos, acetatos o algún gráfico mostrando algunas redes, Ej. Diamante, cloruro de sodio, grafito, etc.

### **Sugerencia para el docente 3.1**

- En este punto, también se les pide que ellos investiguen la estructura de otras sustancias, como pueden ser algunos metales o sales.
- También es recomendable indicar cuáles de las sustancias de la tabla periódica (sustancias elementales o elementos), forman moléculas

### **Actividad 4**

Partir de dos afirmaciones:

1. Las sustancias están formadas por moléculas o por redes, pero en este momento no es necesario conocer qué sustancias forman moléculas y cuáles redes, por lo que en su lugar voy a utilizar el término “partículas químicas”.

2. Cada sustancia está formada por idénticas partículas químicas que se repiten, pero son diferentes a las partículas químicas de otras sustancias. Ej. Todas las partículas químicas del etanol son iguales pero son diferentes a las partículas químicas de la acetona.

A partir de estas dos afirmaciones:

En cada situación, ¿Son las mismas partículas químicas, antes y después de llevarse a cabo?, ¿Qué supones?

SITUACIÓN	Se formó otra partícula química	¿Hay Reacción Química?
Al calentar hielo		
Al disolver azúcar		
Al moler la sustancia blanca y negra en la primera secuencia.		
Al quemarse un papel		
Al evaporarse alcohol		
Al juntar las dos sustancias blancas de la secuencia 1 en el mortero y moler.		
Al poner en la caja Petri sal y azúcar en cada uno de los extremos (secuencia 2)		
Al poner en el tubo de ensayo la fibra y la sustancia líquida azul (secuencia 2)		
Al poner sal en agua caliente		
Cuando se quema el alcohol		

Hay que hacer la distinción de cuantas partículas químicas diferentes existen en cada caso, y concluir que en una reacción se forman nuevas partículas químicas.

#### **Sugerencia para el docente 4.1**

- Aclarar al alumno que se utiliza el término “partículas químicas” para no detallar si se trata de moléculas o redes.
- Al preguntar como son las partículas químicas, algunas veces los estudiantes mencionan algunas concepciones alternativas como que las partículas químicas tienen características de las sustancias, o sea mezclan sus percepciones físicas, a lo que el profesor sólo debe encaminar la explicación a si cambian o no, esas partículas.
- Cuestionar la disolución a diferentes temperaturas y conjuntamente mencionar la segunda secuencia para relacionarla con el movimiento de las partículas de las sustancias y los choques.

## Actividad 5. En Equipo

### Materiales:

Cobre en polvo  
Mechero  
Crisol  
Pinzas para crisol

### Procedimiento:

Calentar el cobre en polvo hasta obtener el polvo negro.

### Sugerencia para el docente 4.2

- Es importante reiterar en la descripción de las sustancias, antes y después del calentamiento, por lo que se recomienda el uso del microscopio estereoscópico.
- Pedirle a los estudiantes que expliquen la reacción química con representaciones.

## Actividad 6. En Equipo

### Materiales:

Malaquita  
Tubo de ensayo  
Mechero  
Pinzas para tubo

### Procedimiento:

- Calentar aproximadamente 0.3 g de malaquita en el tubo de ensayo

### Sugerencia para el docente 5 y 6.

- Calentar el cobre en polvo hasta obtener el óxido de cobre.
- El calentamiento de la malaquita en el tubo será hasta descomponerla en agua, óxido de cobre (que se perciben a simple vista), y dióxido de carbono, sin mencionar nombres a los estudiantes.
- Se recomienda no utilizar el nombre de óxido de cobre, sino el de tenorita
- Comparar las dos sustancias negras formadas, con el propósito de que se percaten de que se puede obtener la misma sustancia a partir de sustancias diferentes (nivel macro).
- Explicar el hecho anterior en el nivel nanoscópico, o sea a partir de las partículas químicas al inicio y después de la reacción.

## Evaluación.

En este punto se puede pedir a los estudiantes que realicen un resumen de todas las secuencias acerca de lo que involucra una reacción química, pero haciendo distinción entre la escala macroscópica y nanoscópica.

MACROSCÓPICO	NANOSCÓPICO
Se forman..... Movimiento y choques de.... Se distingue de una disolución porque..... Mientras que en un cambio de estado.....	

## Resultados.

Es común en los estudiantes que al explicar los hechos mencionen, en lugar de las partículas químicas de la sustancia blanca, las partículas químicas blancas, por lo que el profesor tiene que tener mucho cuidado y aclarar con el triángulo de Johnstone que una información se refiere al nivel macroscópico, otra al nanoscópico. Algo que hay que explicar es que muchas concepciones de los estudiantes sobre modelos como representaciones de la realidad persistirán aún después de la instrucción explícita en modelos.

A continuación se presenta un mapa que se elaboró a partir de las seis actividades de esta estrategia.

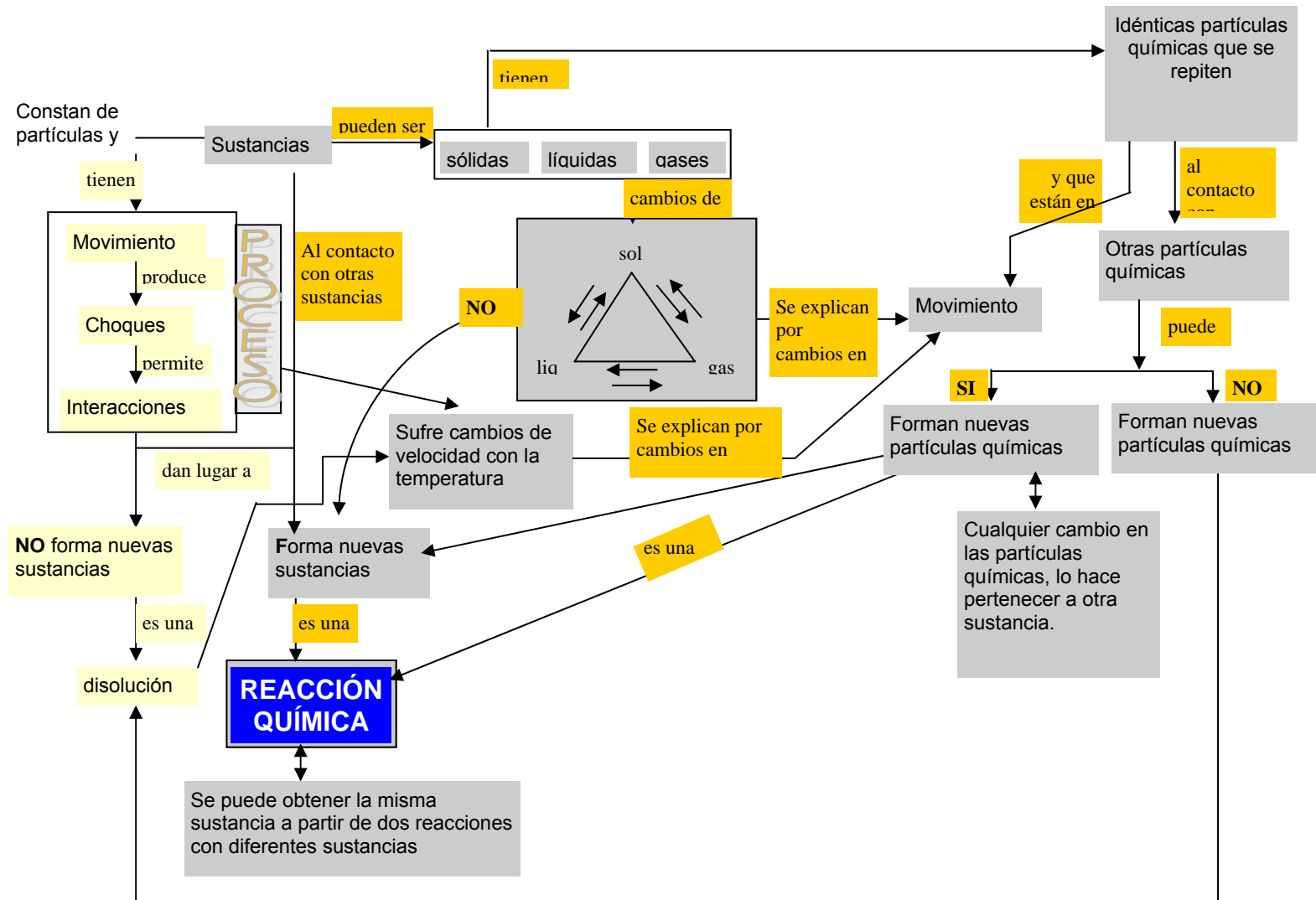


Figura 6.4 Mapa sobre lo que involucra una reacción química a partir de las seis actividades de esta estrategia. Del lado izquierdo se representa el nivel macroscópico y a la derecha el nanoscópico.

### 6.1.5 Replanteamiento y adaptación de la secuencia didáctica experimental 5

El presente trabajo tiene la finalidad de continuar con explicaciones a nivel nanoscópico, sobre lo que involucra una reacción química. Se trata ahora de contestar a la pregunta ¿las partículas químicas se pueden romper?

#### Justificación

Hasta ahora lo que se conoce de la reacción química es lo siguiente:

- En una RQ se forman nuevas sustancias
- Es un Proceso
- Se involucran cambios de temperatura.
- No siempre existen cambios notorios en las sustancias.
- Existen procesos exotérmicos y endotérmicos.
- En una RQ hay formación de nuevas partículas químicas.

Esta es la segunda secuencia que interrelaciona la parte macroscópica con la nanoscópica, y se utiliza para distinguir entre sustancia elemental (elemento) y sustancia compuesta (compuesto), utilizando para ello a la reacción química.

Sabemos hasta ahora que una sustancia está formada por la misma partícula química que se repite, y esa partícula química es distinta a las partículas químicas de otras sustancias. Además sabemos que en una reacción se forman nuevas partículas químicas, entonces ¿que es lo que se conserva en una reacción química?

Distinguir que en el nivel macroscópico se conservan los elementos, pero que a nivel nanoscópico, se conservan los átomos, y que como ya se dijo anteriormente, estos átomos pueden estar formando tanto redes, como moléculas, o estar sólo como átomos.

De lo anterior, la siguiente propuesta va encaminada a:

- Que el alumno trabaje la reacción de oxidación del magnesio.
- Que el alumno experimente con reacciones de descomposición en sistemas sólidos.
- Diferenciar entre una falla de una sustancia para descomponerse en uno o más experimentos y su no habilidad de descomposición.
- En una RQ los elementos se conservan.
- Entender que las partículas químicas tienen una estructura interna que permite, tanto combinarse (ley de las proporciones constantes) como dividirse, de una sola forma.
- Existen sustancias que no se pueden descomponer (una estructura donde la partícula química es indivisible recibe el nombre de "átomo").
- Aunque un átomo mantiene su identidad durante la reacción química, las partículas químicas no.
- Hacer una distinción entre partículas químicas y átomos.



## **Presentación**

Esta secuencia consta de 3 actividades.

1. La primeras dos se recomiendan en equipo
2. La última debe presentarla el profesor.

- 1.- Trabajo en equipo de 2 -5 alumnos
  - Tiempo aproximado: 4 horas
  - Cada apartado cuenta con Estrategia Didáctica y sugerencias para orientar al profesor.

### **Condiciones:**

- Esta secuencia está más involucrada con actividades experimentales y con habilidades tales como: observar, reflexionar, relacionar, comparar, uso de un pensamiento abstracto, etc.

### **Recomendaciones:**

- Escuchar primero las ideas de los alumnos y después explicar con argumentos.
- Formular preguntas que no vayan más allá del grado de profundidad requerido.

## **Estrategia Didáctica Experimental 5**

### ***¿LAS SUSTANCIAS SE DIVIDEN?***

### ***¿LAS PARTÍCULAS QUÍMICAS SE PUEDEN ROMPER?***

#### **Propósitos:**

- Comprender que en una reacción química, hay conservación de los elementos
- Distinguir entre partículas químicas y átomos

#### **Actividad 1**

##### **Materiales:**

2 cintas de magnesio de 2 cm aproximadamente  
Lija de agua  
2 mecheros Bunsen  
2 Tripiés  
2 telas de asbesto  
Pinzas para crisol  
2 crisoles grandes  
Vidrio de reloj que sirva para tapar uno de los crisoles.  
Balanza (de preferencia analítica).

##### **Procedimiento:**

- Limar y cortar con tijeras cada una de las cintas de magnesio en ocho partes.
- Colocarlas en cada uno de los crisoles.
- Instalar el tripié con la tela de asbesto y el mechero.
- Colocar uno de los crisoles con la cinta de magnesio abierto y el otro cerrado con el vidrio de reloj.
- Prender los mecheros al mismo tiempo para comparar.
- Pesar el magnesio del crisol abierto, antes y después de los cambios.

##### **Sugerencia para el docente 1.1**

- Esta actividad se lleva a cabo porque se pretende proponer la ecuación química. Para ello se establecerá cuáles son los reactivos y el producto y se verá la necesidad de tomar en cuenta al oxígeno como uno de los reactivos. La sugerencia es que primero se establezca la ecuación con palabras y después con símbolos.
- Cada equipo que realice la actividad, reportará la masa inicial y la final, además de indicar cuál es la relación entre la masa de cinta de magnesio y el óxido formado. Con estos datos se puede establecer la cantidad de oxígeno que reaccionó. También con la relación de masas se concluirá que no importa la cantidad de cinta de magnesio que

agregaron, la relación es constante debido a que como es una reacción química, la proporción entre las sustancias siempre es la misma. Esto explica que la estructura del magnesio es de tal forma que le permite combinarse sólo de una forma con el oxígeno.

- Ya que se llevó a cabo la reacción en el crisol, se cuestiona a los alumnos acerca de cómo será la masa ahora. ¿Si mayor o menor?
- Aunque no existe una enseñanza de nomenclatura aún, se puede pedir a los estudiantes que busquen cómo se representan las sustancias.
- Solicitar a los alumnos que representen esto con partículas químicas.

## Actividad 2

### Materiales:

1 g de malaquita molida  
Un tubo de ensayo  
Pinzas para tubo de ensayo  
Mechero  
Balanza

### Procedimiento:

Descomponer 1 g de malaquita por calentamiento en un tubo de ensayo ( $Cu(OH)_2CuCO_3$ )

Obtener la relación entre gramos de óxido de cobre formado y gramos de malaquita.

### Sugerencia para el docente 2.1

- No mencionar que se trata de una reacción de descomposición hasta que el alumno lo sugiera.
- Indicar que en el calentamiento se debe de observar todos los cambios que se presenten y que se debe de realizar hasta que ya no se perciban cambios, todo esto con el fin de que toda la malaquita se descomponga. No tiene que haber malaquita en las paredes del tubo.
- Al igual que en la actividad anterior, cada equipo reportará la masa inicial y la final, además de indicar la proporción de la masa de óxido de cobre formado y malaquita.
- Ya que se llevó a cabo la reacción en el tubo, se cuestiona a los alumnos acerca de cómo será la masa ahora ¿mayor o menor?
- También con la relación de masas se concluirá que no importa la cantidad de malaquita que agregaron, la relación es constante debido a que la estructura de la malaquita es de tal forma que le permite descomponerse o romperse sólo de una forma.
- Realizar representaciones con partículas químicas.
- Mencionar que si una sustancia se puede descomponer en otras más simples, quiere decir que sus partículas están formadas por varios elementos, por lo que recibe el nombre de sustancias compuestas. Si no se puede descomponer, entonces está formado por un solo elemento.

### **Actividad 3. Demostración del profesor**

Ciclo del cobre

#### **Materiales:**

Matraz erlenmeyer de 100 mL con tapón oradado y tubo con manguera.

Vaso de precipitados de 250 mL

Alambre delgado de cobre

Ácido nítrico concentrado

Hidróxido de sodio

Ácido sulfúrico

Mechero

Pinzas para el matraz

Pila de 9 volts

Vidrio de reloj

Caimanes

#### **Procedimiento**

1. Preparar el matraz erlenmeyer con tapón y manguera. En el vaso de precipitados colocar agua y dentro de él, sumergir el otro extremo de manguera.
2. Introducir el alambre de cobre y verter un poco de ácido nítrico. Tapar inmediatamente a fin de que los gases que se forman se disuelvan en el agua del vaso. Al final es necesario destapar un poco el matraz y agregar agua a fin de disolver los gases que se quedaron en el matraz.
3. Agregar poco a poco hidróxido de sodio 2 M al matraz
4. Calentar con mucho cuidado.
5. Agregar ácido sulfúrico 1 M gota a gota
6. En un vidrio de reloj se coloca un poco de la disolución resultante y se realiza la electrólisis. Ésta se puede realizar con dos clavos, o un clavo y un clip, o grafito y clip, de tal forma que en el clip se lleve a cabo el depósito de cobre.

#### **Sugerencia para el docente 3.1**

- Primero se mencionan las características de las sustancias en cada paso. Describir cuantas nuevas sustancias se forman y las características tanto de los reactivos como de los productos. Al final de toda la actividad se menciona el nombre de éstas.
- Es importante al final de la actividad hacer énfasis en que se parte de cobre y que al final se obtiene nuevamente cobre. Que en cada uno de los pasos el cobre permaneció formando una sustancia compuesta con una composición definida.
- A partir de cada reacción química, explicar lo que ocurrió estableciendo las ecuaciones químicas. En este caso por ejemplo no es claro que se forma agua durante la primera reacción, pero sí que se forma la sustancia azul y los gases café marrón. La ecuación química ayuda a resaltar la conservación de todos los elementos, pero formando distintas sustancias.

- Se recomienda que en cada paso se coloque en tubos de ensayo un poco de la disolución resultante, con el fin de que cuando se mencionen los nombres de las sustancias se muestren y distingan.
- En la electrólisis del sulfato de cobre se recomienda mencionar que en el cátodo se lleva a cabo la obtención del cobre metálico. Y sólo si los alumnos preguntan sobre lo que pasa en el ánodo, se les menciona que se obtiene oxígeno (se observa el burbujeo), y iones H<sup>+</sup> debido al agua.

### **Reflexión de las actividades:**

Insistir que en las reacciones químicas primero se forman nuevas sustancias y después que las nuevas sustancias tienen otras propiedades completamente diferentes, por lo que resulta muy útil el uso de microscopio estereoscópico en caso de sólidos. Como ejemplo de la primera actividad se tiene que:

Magnesio. – Sustancia sólida metálica, liviana, color blanco plateado. Temperatura de fusión es de 650 °C y la de ebullición de 1,090 °C.

Oxígeno. – Sustancia gaseosa, a condiciones normales de presión y temperatura, incolora, inodora (sin olor) e insípida. Su temperatura de fusión es de -222.65° C y la de ebullición de -182.82 ° C

Óxido de magnesio. – Sustancia sólida en polvo muy fino de color blanco, su temperatura de fusión es de 2,852° C y la temperatura de ebullición de 3,600° C.

Que a nivel nanoscópico se están formando nuevas partículas químicas que ellos pueden representar con modelos de partícula.

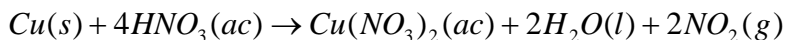
Indicar que en una representación simbólica el químico da a conocer las reacciones que se llevan a cabo con una ECUACIÓN QUÍMICA.

Los químicos le llaman REACTIVOS a las sustancias que se encuentran en contacto y les dan el nombre de PRODUCTOS a las nuevas sustancias. En éste caso los reactivos son el magnesio y el oxígeno, mientras que la nueva sustancia que se formó o producto resulta ser el óxido de magnesio.

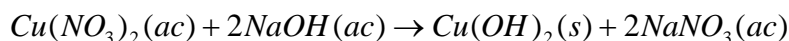
La ecuación química representa el proceso durante el cual las sustancias llamadas reactivos interaccionan, produciendo gradualmente sustancias diferentes (los productos de la reacción).

Para el ciclo del cobre las ecuaciones químicas son las siguientes, aunque se recomienda primero plantear la ecuación con nombres y posteriormente que surja la necesidad de representarlas con símbolos:

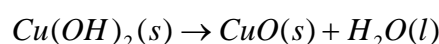
Cobre al interactuar con el ácido nítrico produce una sustancia disolución de color azul y un gas rojizo



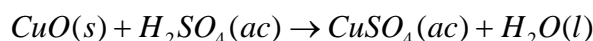
La disolución azul resulta ser de la sustancia nitrato de cobre II y el gas es óxido de nitrógeno, además de que se produce agua.  
El nitrato de cobre al interactuar con el hidróxido de sodio produce una disolución de color verde.



La disolución de color verde resulta ser de la sustancia hidróxido de cobre II, pero además se forma otra sustancia que resulta ser el nitrato de sodio.  
El hidróxido de cobre II al calentar produce dos nuevas sustancias. Una es un polvo de color negro y la otra son vapores de agua que se desprenden.

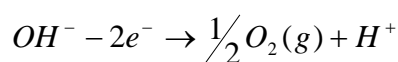


La sustancia de color negro resulta ser óxido de cobre II  
El óxido de cobre II al interactuar con el ácido sulfúrico produce una disolución de color azul.



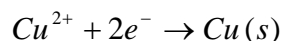
La disolución de color azul se debe a la sustancia llamada sulfato de cobre, pero además se forma agua.

Se realiza la electrólisis del sulfato de cobre para obtener el cobre metálico, con electrodos metálicos. En el ánodo o polo positivo de la reacción (polo negativo de una pila de 9 volts), se lleva a cabo la siguiente reacción:



Por lo que en el polo positivo se llevará a cabo un burbujeo por la formación del oxígeno.

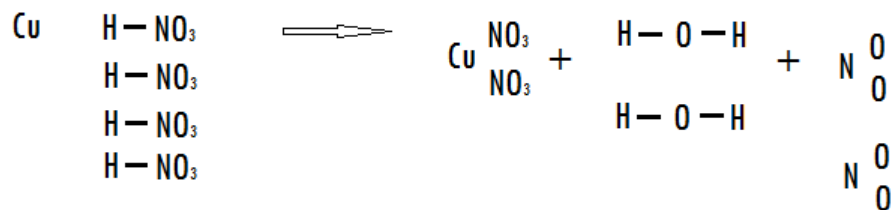
Mientras que en el cátodo:



Quedando en disolución ácido sulfúrico, que producirá un pH ácido.

### **Evaluación:**

- Pedir a los estudiantes que mediante la ecuación química balanceada y utilizando el término “partículas químicas” (en lugar de moléculas o redes), explique lo que ocurre en cada una de las situaciones diferentes, como se muestra a continuación para la primera reacción:



## Resultados

A partir del ciclo de cobre, demostrar que entre los reactivos y los productos de la reacción se mantiene la conservación de los elementos.

Distinguir entre cobre como una sustancia compuesta y cobre como una sustancia elemental.

En la siguiente página se muestra el mapa que se realizó al hacer la adaptación de ésta quinta secuencia, y al igual que en la Figura 6.5, del lado izquierdo se representa el nivel macroscópico y a la derecha el nivel nanoscópico.

En la Figura 6.6, se presenta el mapa que engloba los conceptos involucrados en las cinco secuencias

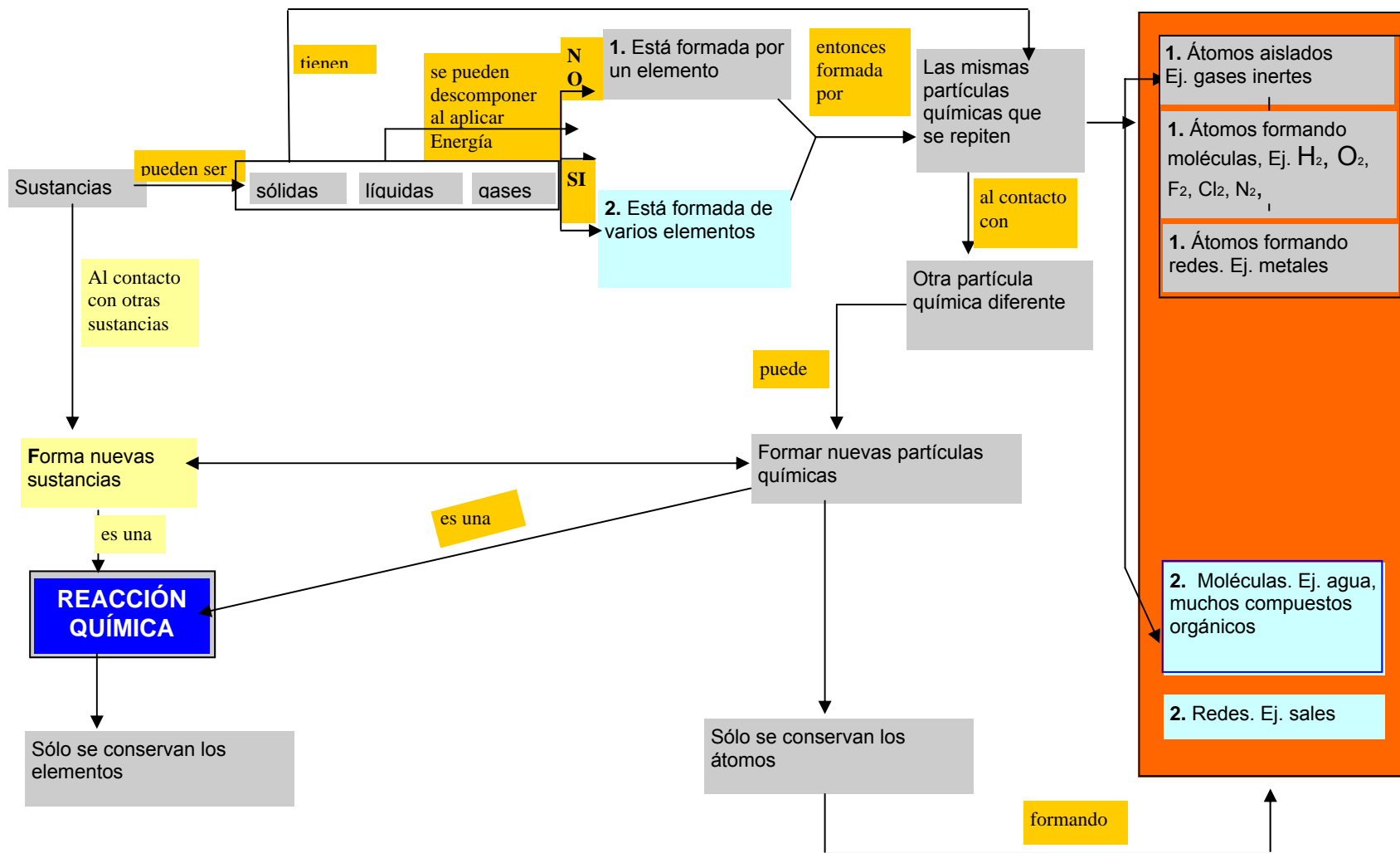


Figura 6.5 Mapa sobre lo que involucra una reacción química a partir de las tres actividades de esta secuencia.



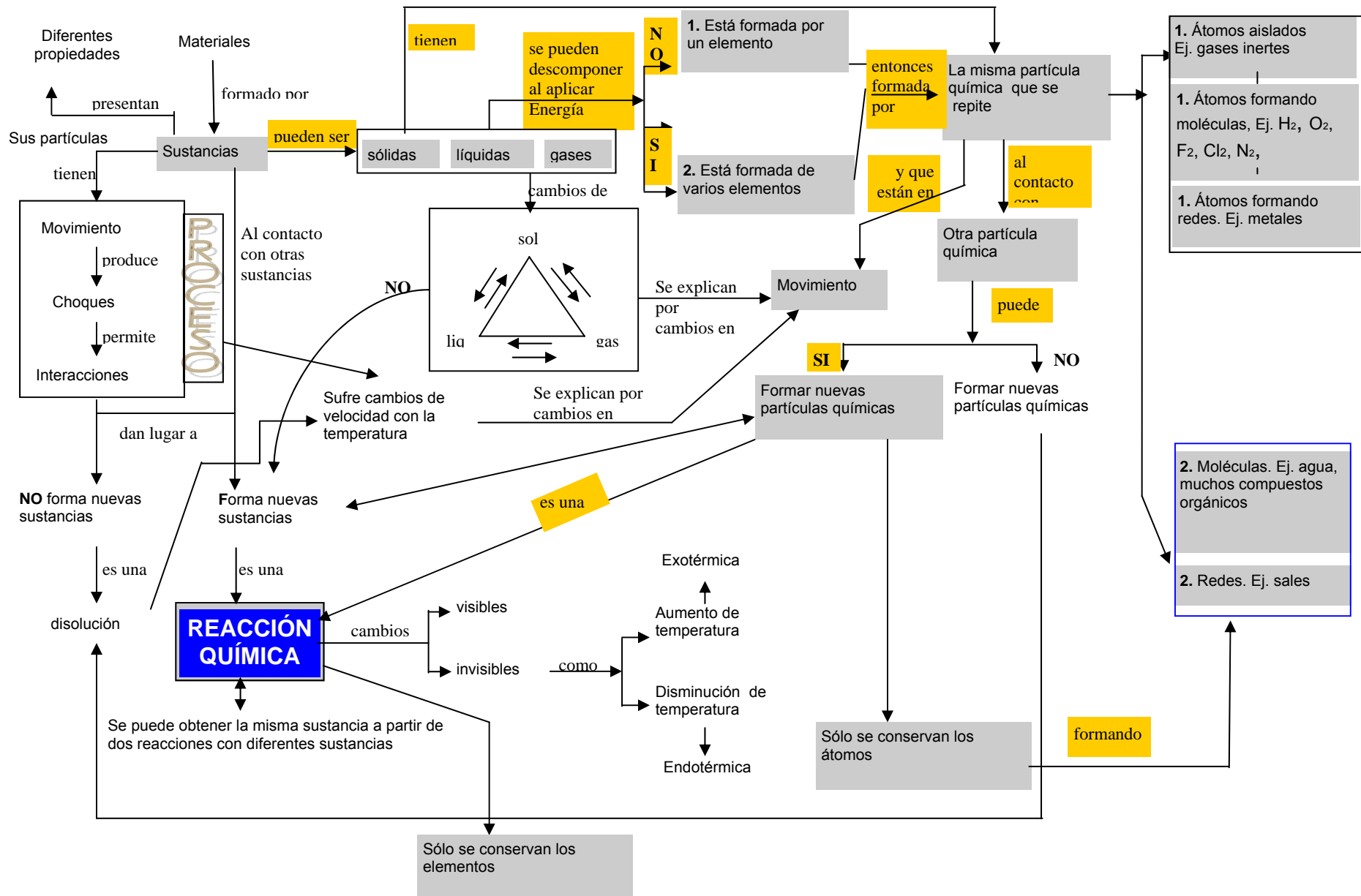


Figura 6.6 Mapa sobre lo que involucra una reacción química a partir de la adaptación de las cinco secuencias

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSIONES**

Como se ha mencionado en este trabajo, existen diversas dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la química, en lo particular, del proceso de Reacción Química, tema de interés en ésta tesis.

Los profesores, nos enfrentamos con adversidades cotidianas que debemos superar para su enseñanza.

Wobbe De Vos y Adri H. Verdonk (1985-87) proponen una macrosecuencia de estrategias, en cinco secuencias didácticas experimentales interrelacionadas entre sí, para resolver estos problemas.

Desde el punto de vista de la didáctica y la disciplina, es un excelente ejemplo, porque accede a lo esencial de la química sin comenzar con definiciones de conceptos, tales como: sustancia, elemento, átomo, mezcla, compuesto, etc. Además, establece los lineamientos para hablar y escribir sobre lo que sucede en un cambio químico, de lo que es y lo que no es este tipo de cambio.

En la revisión e interpretación de la propuesta, que se realiza en esta tesis, se destaca que:

- Se presenta de forma dosificada, para que los alumnos conozcan información detallada importante sobre la reacción química.
- Los conceptos se dan en forma gradual, se interrelacionan y entrelazan, lejos del estilo de presentación aislada y fragmentada. El aspecto valioso, es que a partir de la comprensión del fenómeno químico visto, los estudiantes generan los conceptos implicados.
- Destaca en el desarrollo del tema, el manejo de lo macroscópico a lo nanoscópico (parte de la idea de sustancia, hasta establecer el puente con, moléculas y átomos), de lo concreto a lo abstracto (a partir de hechos y observaciones, los alumnos pueden inferir información teórica acerca de lo que implica la reacción química), y de lo general a lo particular (la reacción química como formación de nuevas sustancias hasta la descripción de las nuevas sustancias en cada ejemplo de reacción).

- Con lo anterior, se promueve el desarrollo de un pensamiento abstracto en los estudiantes.
- Es posible afirmar que también involucra la espiral conceptual porque retorna a los conceptos aprendidos.
- La metodología de enseñanza planteada, no se queda en hechos y observaciones, sino que llega hasta el dominio teórico sobre la reacción química, puesto que favorece el desarrollo del pensamiento científico en el que se aspira a interpretaciones de hechos y procesos. Esto fomenta la reflexión y el análisis de cada actividad experimental.
- Promueve que los estudiantes argumenten de forma más crítica y trata de evitar la ambigüedad en lenguaje químico. Lo anterior, de acuerdo a Guidoni (Izquierdo, 2005a), que menciona que son tres dimensiones que interactúan para generar conocimiento personal (pensar, experimentar y comunicar).
- El lenguaje que utilizan los autores con los estudiantes, es congruente con sugerencias de la didáctica de las ciencias, con un lenguaje cotidiano hasta llegar a términos científicos.
- El desarrollo conceptual se orienta desde la primera secuencia, en la siguiente se retoma la anterior y así hasta llegar a la quinta secuencia, para concretar en la estructuración del tema ¡reacción química! Esto, de acuerdo a Piaget, que menciona que el desarrollo cognitivo es una sucesión de estados de equilibrio para conocer al objeto por aproximaciones sucesivas a través de las acciones del sujeto.

Aunque la propuesta original parece muy sencilla, ha sido una tarea muy ardua la interpretación y adaptación. Esto se debe a que las actividades experimentales que se proponen, no son nuevas, pero el enfoque, sí lo es. Por lo que esta tesis se encaminó a poner en práctica las actividades experimentales para poder proponer algunos cambios.

Más tarde realizar una comparación del uso tradicional de cada una de las actividades con el que se interpreta del trabajo de los autores. Posteriormente, como las actividades a realizar sólo se comentan, se plantearon las actividades experimentales. La evaluación es una de las partes más difíciles de diseñar, así que ha sido ajustada varias veces.

Cabe señalar que, junto con la comparación antes descrita, se llevó a cabo la traducción de cada uno de los artículos y se identificaron las ideas centrales de cada

secuencia. Posteriormente, se efectuó un análisis acerca de los conceptos involucrados, que se consideran necesarios, para detallar lo que puede ser introductorio en la enseñanza del tema reacción química (mediante el instrumento utilizado por J. D. Herron, considerando los tres niveles conceptuales: el macroscópico, el nanoscópico y la representación).

En este trabajo de tesis, igualmente se diseñó un mapa para las primeras cuatro secuencias. Para la 5 se efectuaron dos mapas, uno que involucra a esa secuencia, y otro a todas las secuencias anteriores.

Del mismo modo, se introdujo el uso de modelos, sin perder de vista que “todo conocimiento es la respuesta a una pregunta” (Bachelard, 2000). El modelo es construido para desarrollar ideas, antes que ser una copia de la realidad. Sin tratar de explicar el modelo en sí, sino se entiende por qué fue elaborado y qué es lo que explica.

Aunque los autores no llegan hasta la ecuación química, en esta adaptación sí. Se utilizan primero palabras y después se hace evidente la necesidad de utilizar símbolos.

Se aplicó la adaptación y mejora a la propuesta de De Vos y Verdonk, a estudiantes del nivel medio superior, del CCH Sur, para probar la posibilidad de confrontar aprendizajes anteriores sobre el tema, para darle un sentido más estructurado y promover el uso de análisis comparativo y del lenguaje, el resultado se caracterizó por:

- ✓ Los alumnos comentan que aprenden más sobre la reacción química con todas las actividades experimentales, que a partir de definiciones encontradas en libros, ya que no son claras.
- ✓ Los alumnos describen con más detalle y con sus propias palabras, conceptos como: disolución, migración, cambio de estado de agregación, reacción química.
- ✓ Aplican estos conceptos en las actividades que se presentan subsiguientemente.
- ✓ Tienen más cuidado al hablar de la reacción química. Algunos estudiantes distinguen en la reacción química las características de las nuevas sustancias.
- ✓ Observan con más atención acerca de que tipo de reacción es (endotérmica y exotérmica). En las reacciones que liberan mucha energía, tales como las combustiones, los estudiantes distinguen que toda esa energía liberada no forma parte de las nuevas sustancias.
- ✓ No a todos los estudiantes les queda clara la diferencia entre el nivel macroscópico y nanoscópico, ni entre partículas de las sustancias compuestas (redes o

moléculas) y átomos, por lo tanto hay que continuar con la distinción, en actividades posteriores.

- ✓ Resulta muy larga, por lo que se pueden hacer más ajustes y adaptaciones.

#### Conclusiones y consideraciones de mejora

- Se puede aplicar en cualquier tipo de bachillerato. De preferencia por un grupo de profesores que tomen en cuenta las actividades de este trabajo.
- Después de cada secuencia, reunir los resultados obtenidos. Esto les permitirá intercambiar experiencias para diseñar nuevas situaciones o ajustes a la misma, desde la parte experimental, las sustancias que se utilizan, las preguntas que se formulan, el tiempo de realización, la forma en que se presentan las actividades, las formas de evaluación, etc.
- Desde luego los diferentes puntos de vista, interpretaciones y alcances depende en parte de la carga teórica de cada profesor, de los propósitos educativos y desde luego de la experiencia docente. Cabe mencionar que no es fácil su aplicación, ya que el profesor tiene que distanciarse críticamente de concepciones y prácticas habituales que no son adecuadas para la propuesta de este trabajo, tales como decir las siguientes frases: “ya vieron la reacción química”, “la reacción química es...”, “vamos a realizar la siguiente reacción química”.
- Al terminar de aplicar las secuencias, y seguir con el programa institucional, no se debe dejar de retroalimentar lo aprendido hasta ese momento.
- En las explicaciones de los estudiantes, los profesores se pueden percatar de las concepciones alternativas y de su poder de explicación. Para contrastarlas, se deben formular nuevas interrogantes para que ya no puedan responder con estas mismas concepciones.

La macrosecuencia, en su tiempo se consideró muy importante en la enseñanza del tema, por su estilo innovador por las múltiples ventajas probadas. Actualmente es vigente, rica y pertinente para afrontar los viejos retos de la comprensión del tema; sin embargo no hay que pasar por alto, que de 1985-1987 a nuestros días hay nuevos retos, nuevas herramientas, nuevos modelos, nuevos avances didácticos, etc.

Entonces se está obligado a referir acerca de algunas limitaciones, todas ellas superables, que de muchos modos enriquecen y robustecen a la propuesta, tal es el caso del poder del contexto, de la ciencia-tecnología y sociedad (CTS o CTSA ambiente), y de la aplicación de la herramienta de los multimedios para profundizar en el tema de reacción química.

Aprender sobre el proceso de la Reacción Química y hacer la transferencia a la vida del estudiante, tiene consecuencias que le pueden ayudar a comprender, el día a día, para una mejor explicación del mundo. Las reacciones químicas en los diversos contextos del desarrollo humano, favorece un nivel de conciencia que sólo logra una verdadera educación de la química, que se puede reflejar dentro y fuera del aula.

Por lo anterior, una vez manejado el nivel conceptual y metodológico del tema, se propone motivar a los estudiantes a hacerlo extensivo a otros, en torno a su realidad. Poder explicar de manera más científica algunas situaciones respecto al tema de reacción química, para manejar un nivel actitudinal y de valores.

Esto plantea nuevas líneas de estudio en torno a este tema fundamental y extraordinariamente importante. Solo por mencionar posibles temas están:

- La reacción química y los alimentos
- La reacción química y la salud
- La reacción química y el agua
- La reacción química y el ambiente
- La reacción química y el suelo, etc.

Los actuales programas de química I y II (asignaturas obligatorias), concretamente del bachillerato universitario del CCH favorecen la aplicación de esta propuesta y ofrecen la oportunidad de considerar el enfoque CTSA, para incorporar la riqueza de la actividad científica y tecnológica, como un trabajo de investigación e innovación a través de situaciones problemáticas relevantes. Por ejemplificar algunos:

Situaciones/problemas

- Pilas ¿Por qué reducir/reciclar?
- ¿Por qué no hacer fogatas con las llantas de autos?

Contexto

suelo-agua-alimentos  
aire-oxígeno

- Fuegos pirotécnicos ¿Qué problemas causan al ambiente?      aire-oxígeno
- Lluvia ácida ¿Qué acciones humanas la favorecen?      aire-agua-suelo
- Combustiones ¿Es lo mismo quemar cualquier tipo de combustible?  
aire-agua-suelo

El otro pendiente inaplazable es el uso de los multimedia, para realizar mediciones a partir de interfaces, simulaciones de modelos, videos, etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amat, O. *Aprender a enseñar. Una visión práctica de la formación de formadores*. Ed. Gestión 2000, España, 1998.

Andersson, B. *Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16)*, *Studies in Science Education*, **18**, 53-85, 1990.

Asebey, A., Una interpretación de la interacción psicosocial adolescente con los grupos sociales, [versión electrónica] *Revista Electrónica de Psicología*, 2004, consultada por última vez en abril 15, 2005, en la URL

[http://www.uaq.mx/psicologia/lamision/p\\_sociales7.html](http://www.uaq.mx/psicologia/lamision/p_sociales7.html)

Atkins, P., Skeletal chemistry, *Educ. Chem.*, **42** (1), 20-25, 2005.

Bachelard, G., *La formación del espíritu científico, construcción a un psicoanálisis del conocimiento*. 23ª edición, Siglo XXI editores, México, 2000.

Barabtarlo, A., *Investigación acción. Una didáctica para formación de profesores*. Castellanos editores, México, 2002.

Brown, T., *Química la ciencia central*. 5ª edición, Ed. Prentice Hall, México, 1991.

Caamaño, A. y Oñorbe, A., Didáctica de las Ciencias Experimentales, *Alambique* **41**, pp. 68-81, julio 2004.

Castillejos, A. (coordinadora), Bazúa, E., Maribel Espinoza Hernández, Greaves, N., Martínez, A., Padilla, K., Rueda, C., Sosa, A., y Trejo, L., *Conocimientos Fundamentales de QUÍMICA. Volumen I (Libro de texto para bachillerato UNAM)*, Pearson Educación y Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2006, y *Volumen II (Libro de texto para bachillerato UNAM)*, Pearson Educación y Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2007.

Chamizo J. A. y Petrich, V., *El libro del Maestro. Química. Educación Secundaria*, SEP, México, 1994.

Chamizo, J. A., Nieto, E. y Sosa, P., La enseñanza de la química. Tercera parte. Evaluación de los conocimientos de química desde secundaria hasta licenciatura, *Educación Química*, **15**(2), 108-112, 2004.



De Jong, O y Taber, K., Teaching and Learning the Many Faces of Chemistry, en Abell, Sandra, Lederman, Norman G. (editores), *Handbook of Research on Science Education*. Ed. Lawrence Earlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey, 2007.

Delors, J., *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI, presidida por Jaques Delors, 1996.

De Vos, W y Verdonk, A., A new road to reactions. Part 1. *J. Chem. Educ.*, **62**, 238-240, 1985b.

De Vos, W y Verdonk, A., A new road to reactions. Part 2. *J. Chem. Educ.*, **62**, 648-649, 1985a.

De Vos, W y Verdonk, A., A new road to reactions. Part 3. Teaching the heat effect of reactions. *J. Chem. Educ.*, **63**, 972-974, 1986.

De Vos, W y Verdonk, A., A new road to reactions. Part 4. The substance and its molecules. *J. Chem. Educ.*, **64**, 692-694, 1987a.

De Vos, W y Verdonk, A., A new road to reactions. Part 5. The elements and their atoms. *J. Chem. Educ.*, **64**, 1010-1013, 1987b.

Díaz, Á. El profesor de educación superior frente a las demandas de los nuevos debates educativos. *Perfiles educativos*, 2005, vol.27, no.108, p.9-30. ISSN 0185-2698. Formato ISO.

[http://scielo.unam.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-26982005000100002&lng=es&nrm=iso](http://scielo.unam.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982005000100002&lng=es&nrm=iso)

Dingrado, L., Gregg, K., Hainen, N. y Wistrom, Ch., *Química Materia y Cambio*, Ed Mc Graw Hill, Colombia 2002.

Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A., *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Ed Morata, S.A., España, 1989.

Duit, R Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, **3**(1), 3-15, 2007.

Erduran, S. Philosophy of Chemistry: An Emerging Field with Implications for Chemistry Education. *Science & Education* **10**: 581–593, 2001.

Escalona, H., QuimCom. Química en la comunidad. 2ª edición, Ed. Addison Wesley Longman, (versión en español), México, 1998.

Flores, J., La experiencia reciente del Colegio de Ciencias y Humanidades en la revisión y ajuste a su plan y programas de estudio. Ponencia presentada en el Coloquio “Tendencias y Experiencias de Reformas en el Bachillerato”, enero 2006.

Garriz, A., La educación de la química en México en el siglo XX, *J. of the Mexican Chemical Society*, **45**(3), 109-114, 2001.

Garriz, A., y V. Talanquer, “Advances and Obstacles to the Reform of Science Education in Secondary Schools in Mexico”, en *Science and Environment Education Views from Developing Countries*, Sylvia A. Ware (ed.) Secondary Science Series, World Bank, 1999, pp. 75-92. Citado en Garriz, A., La educación de la química en México en el siglo XX, *J. of the Mexican Chemical Society*, **45**(3), 109-114, 2001.

Gasque, L., ¿Iónico o covalente?, *Educ. Quím.*, **8**(3), 160-165, 1997.

Gil, D., Carrascosa, J. y Martínez, F., El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos, *Educación y Pedagogía*, **11** (25), 15-65, 1999.

Gillespie, R., The Great Ideas of Chemistry, *J. Chem. Educ.*, **74** (7), 862-864, 1997.

Gutiérrez, J., Gómez, M. A. y Pozo, J. I., Utilización del modelo corpuscular de la materia, *Enseñanza de las ciencias*, 2005, consultada por última vez en mayo 3, 2007, en la URL

[http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni\\_orales/2\\_Proyectos\\_Curri/2\\_3/Gutierrez\\_635.pdf](http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/2_Proyectos_Curri/2_3/Gutierrez_635.pdf)

Gutiérrez Rodríguez, A. y Martínez, M. C., Crispín, Contenidos esenciales en la asignatura de Química III en la Escuela Nacional Preparatoria. Un análisis mediante el empleo de redes semánticas naturales, *Educ. quím.*, **21**(2), 139-145, 2010.

J.K. Gilbert et al. (eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands 2002.

Herron, D., The chemistry classroom. Formulas for successful teaching. *American Chemical Society*, Washington, D.C., 1996

Hierrezuelo, M. J. y Montero, M. A. La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la física y química. Ed. Laia/Ministerio de Educación y Ciencia, Barcelona 1988

Hill, J. W. y Kolb, D. K., Química para el nuevo milenio, 8ª edición, Ed. Prentice Hall, México, 1999.

Holman, J., All you need to know about chemistry, *Educ Chem.*, **38** (1), 10-11, 2001.

Izquierdo, M. Nuevos contenidos para una nueva época. Aportaciones de la Didáctica de las Ciencias al diseño de las nuevas 'Ciencias para la ciudadanía', 2005a, <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/cd/Nuevoscontenidosmerce.pdf>

Izquierdo, M. Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las Ciencias*, **23**(1), 111-122, 2005b.

Kind, V., Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química. AulaXXI/Santillana, México, 2004.

León, A. Tesis: Un estudio experimental del aprendizaje de las ciencias naturales en la educación primaria, desde una perspectiva constructivista, 1986.

Levi, J, Desafíos del Bachillerato. Coloquio sobre tendencias y experiencias de reforma del bachillerato (Enero 17, 18 y 19 del 2006)

López, C., La globalización y sus efectos en el sistema educativo nacional, Parte II. Ensayos y Reflexiones. Año I, **1**(2), sep-dic, 1995.

Lucille Lee, Kam-Wah. A comparison of University Lecturers' and Pre-service Teachers Understanding of a Chemical Reaction at the Particulate Level, *Journal of Chemical Education*, **76**(7),1008, julio 1999.

Maldonado, V. y Herrera, R., Experiencia en la evaluación del Plan de estudios 1996 de la Escuela Nacional Preparatoria. Ponencia presentada en el Coloquio "Tendencias y Experiencias de Reformas en el Bachillerato", enero 2006.

Martínez Vázquez, A., Bonilla Heredia, B., Rodríguez Zavala, O. y López Fernández, A.. ¿Conceptos fundamentales o fundamentos para vivir mejor?, *Ed. Quím.* **21**(3), 2010.

Red Nacional del Nivel Medio Superior Universitario. Mapas curriculares del Bachillerato 2005-2006: México y otros países.

Nelson, P. Teaching chemistry progressively: from substances, to atoms and molecules, to electrons and nuclei. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, **3**(2), 215-228, 2002.

Olive, L., El bien, el mal y la razón. Ed. Paidós, México, 2000.

Phanstiel, O., An invitation to experiment with an experiment. *J. Chem. Educ.*, **62**, 522-524, 1985.

Phillips, J., Química: conceptos y aplicaciones. Ed. Mc Graw-Hill, México, 1999.

Pinelo, L. y González, R., Los nuevos programas de Química I y Química II, *Eutopía*, **3**, 68-75, 2004.

Pozo, J. I. Ni cambio ni conceptual: la reconstrucción del conocimiento científico como un cambio representacional. En Pozo, J. I. y Flores, F. (editores) Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia. Editorial Antonio Machado Libros, colección "aprendizaje" OREALC-UNESCO/Universidad de Alcalá, Madrid, 2007.

Pozo, J. I. y Gómez, M. A. Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. 3ª edición, Ediciones Morata, España, 2001.

Reforma Integral de la Educación Secundaria (RIES). Educación Secundaria. Ciencia y Tecnología. Programas de Estudio. Versión preliminar. Primera etapa de implementación, 2005-2006. SEP.

Sánchez, L., Diversos términos sobre el conocimiento lego del alumno: ¿uno o varios significados?, *Revista Perfiles Educativos*, **XXIV**(97-98), 26-37, 2002.

Shayer, M. y Adey, P., La ciencia de enseñar ciencias. Desarrollo cognoscitivo y exigencias del currículo. 2ª edición, Nancea, S.A. de Ediciones, España, 1986.

Skar, L., Peer and adult relationships of adolescents with disabilities, *Journal of Adolescence* **26**, 635-649, 2003.

Spencer, J. N., Bodner, G. M. y Richard, L. H., Química y dinámica. 1ª edición, Ed. CECSA, México 2000.

Taber, K., Chemical misconceptions- prevention, diagnosis and cure. Theoretical background, RSC Royal Society Chemistry, **1**, 2002.

Talanquer, V. Ciencia-Tecnología-Sociedad. El movimiento CTS en México, ¿vencedor vencido?, *Educación Química* **11**(4), 381- 386, octubre 2000.

Trinidad, R. y Garritz, A. Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, Vol. **14**(2), 92-105, abril de 2003.

Ulloa, S. y Chamizo, J. A., Análisis de los planes de estudio de la asignatura de química básica a nivel medio superior en México, *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. VII Congreso, 1-5, 2005.

Velásquez, Ma. de L., Las políticas y contenidos del bachillerato Universitario, *Eutopía*, (1), 77-85, 2004.

Benítez, Ma. del C, Seminarios de diagnóstico locales, 2003. En línea: <<http://www.congreso.unam.mx/ponsemloc/ponencias/904.html>>. Última consulta: 10 de marzo de 2004.

S/A, Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional Preparatoria. Programa de estudios de la asignatura de Química III. En línea: <<http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/96/quinto/1501.pdf>>. Última consulta: 5 de septiembre de 2006.

S/A, Universidad Nacional Autónoma de México, Colegio de Ciencias y Humanidades. Área de Ciencias Experimentales Programas de Estudio de Química I a IV. . En línea: <[http://www.cch.unam.mx/principal/sites/default/files/mapa\\_quimica.pdf](http://www.cch.unam.mx/principal/sites/default/files/mapa_quimica.pdf)>. Última consulta: 1 de septiembre de 2006.