



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

EL CONCEPTO DE REACCIÓN QUÍMICA
EN EL BACHILLERATO. SU
INTRODUCCIÓN EN EL COLEGIO DE
CIENCIAS Y HUMANIDADES.

Trabajo Escrito vía cursos de educación
continua

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO
P R E S E N T A:
MAURICIO ROMERO DOMÍNGUEZ



MÉXICO, D.F.



2005

EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA

m343985



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 según el tema:

Presidente: Prof. Gisela Hernández Millán
Vocal: Prof. Elizabeth Nieto Calleja
Secretario: Prof. Luis Miguel Trejo Candelas
1er. Suplente: Prof. José Luz González Chávez
2do. Suplente: Prof. Guadalupe Maria Cristina Rueda Alvarado

Lugar donde se desarrolló el tema:

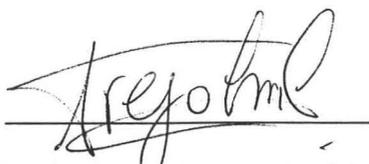
Laboratorio de Termofísica. Edif. B (102).

Departamento de Físicoquímica.

Facultad de Química

Universidad Nacional Autónoma de México

Asesor:



Dr. Luis Miguel Trejo Candelas.

Sustentante:



Mauricio Romero Domínguez

DEDICATORIA

A mi padre, Matias Romero, por su ejemplo como hombre y como amigo.

A mi madre, Gloria Domínguez, por educarme en los buenos principios.

A mis hermanos, Vicente, Juan Manuel y Matias, por compartir conmigo mi infancia, adolescencia y muchas etapas de mi vida.

A mis hermanas, Edith y Ma. Araceli, por darle valor y respeto a mis cosas.

A mi esposa Rosaura y a mis hijos Abraham e Isaac, por su apoyo incondicional, comprensión y por hacer que todo realmente valga la pena el esfuerzo.

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Luis Miguel Trejo Candelas, por ser un gran amigo, compañero y por dirigir y ayudarme a culminar este gran esfuerzo en esto, que es mi tesis. Muchas gracias.....

A las profesoras Gisela Hernández y Elizabet Nieto, por el apoyo y confianza para culminar este trabajo.

Al profesor Plinio Sosa, porque sus ideas aclararon las mias.

A todos los profesores del Diplomado en Educación Química, en especial a la profesora Cristina Rueda, organizado por el Centro Nacional de Educación Química, por darme esta oportunidad para titularme.

A la profesora Adela Castillejos, por permitirme poner a prueba una parte medular de este trabajo en el Centro Nacional de Educación Química con profesores de la Secundaria (SEP).

A los profesores del Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Sur, Area de Ciencias Experimentales, por sus comentarios recomendaciones y apoyo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Química, por haberme formado como Ingeniero Químico.

INDICE

RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1 ANTECEDENTES	
1.1 Marco de referencia	3
1.1.1 El bachillerato en México.	3
1.1.2 El bachillerato en la UNAM.	6
1.1.3. El bachillerato en el CCH.	8
1.2 Marcos teóricos.	9
1.2.1 La Química en el nivel bachillerato y su didáctica.	9
1.2.2 La Química en el nivel bachillerato de la UNAM y su didáctica.	13
1.2.3 La Química en el CCH de la UNAM y su didáctica.	16
1.2.4 La asignatura Química I del primer semestre en el CCH de la UNAM y su didáctica.	22

CAPITULO 2 METODOLOGÍA

2.1 Objetivos de esta tesis.	27
2.2 Hipótesis de trabajo.	28
2.3 Metodología de trabajo.	29

CAPITULO 3 ANÁLISIS, DISCUSIÓN Y PROPUESTA

3.1 Propuesta tradicional de enseñanza del concepto reacción química.	31
3.2 Análisis de la Unidad-1 (Agua) de la asignatura Química-1 del CCH.	33
3.2.1 Análisis general.	33
3.2.2 Análisis en el contexto del concepto reacción química.	35
3.3 Dificultades de enseñanza y aprendizaje de la introducción del concepto de reacción química.	36
3.3.1 Ideas previas de los alumnos.	36
3.3.2 Dificultades en la enseñanza y el aprendizaje.	39
3.3.3 Recomendaciones de expertos.	39
3.4 Análisis conceptual de reacción química.	43
3.4.1 Conceptos prerrequisitos.	43
3.4.2 Nivel de comprensión introductorio que se desea alcanzar.	44
3.5 Propuesta de enseñanza.	49

3.5.1 Conceptos a construir.	49
3.5.2 Habilidades a promover.	49
3.5.3 Actitudes y valores a fomentar.	50
3.5.4 Secuencia de actividades.	51
3.5.4.1 Integración de grupo. (2 hrs.)	52
3.5.4.2 Presentación del programa y criterios de evaluación. (2 hrs.)	53
3.5.4.3 Introducción al estudio de la química. (4 hrs.)	56
3.5.4.4 El mundo macroscópico, microscópico y simbólico. (2 hrs.)	57
3.5.4.5 La materia y los materiales. (2 hrs.)	59
3.5.4.6 Los materiales y las sustancias (2 hrs.)	61
3.5.4.7 Las sustancias compuestas. Las moléculas compuestas Los compuestos químicos. (4 hrs.)	62
3.5.4.8 Las sustancias simples. Las moléculas simples. Los elementos químicos. (4 hrs.)	63
3.5.4.9 Los átomos. (4 hrs.)	64
3.5.4.10 Los cambios físicos y los cambios químicos. (8 hrs.)	67
3.5.4.11 La reacción química. (4 hrs.)	69
3.5.4.12 La molécula del agua. (2 hrs.)	70
3.6 Resultados provisionales de su aplicación	74

CAPITULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones 79

4.2 Recomendaciones para trabajos futuros 81

BIBLIOGRAFÍA 83

RESUMEN

Reacción química es el concepto químico central. Es común iniciar su estudio al distinguir entre cambio físico y químico, lo que favorece aprender conceptos como sustancia, elemento, compuesto y mezcla. A pesar de su importancia, investigaciones diversas señalan que existe confusión y dificultad en alumnos de bachillerato para alcanzar este nivel de comprensión. Para contribuir a mejorar esta situación planteamos recomendaciones para su enseñanza, producto de la revisión, análisis y reflexión de información relevante en la bibliografía clásica y reciente.

Consideramos útil hacer la distinción entre cambio químico y físico, porque ayuda al alumno en el desarrollo de sus ideas químicas. En particular encontramos dos aspectos importantes a incluir en la enseñanza para distinguir cambio químico y físico: 1) el concepto de sustancia es fundamental y, por lo tanto, debe ser enseñado previa o simultáneamente, y 2) la comprensión conceptual de cambio químico requiere de una visión microscópica, sin la cual los estudiantes no alcanzan el punto de vista científico. Recomendamos realizar un balance entre experiencias cotidianas y de laboratorio con énfasis en la observación, discusión, explicación, etc. para favorecer la secuencia en la comprensión conceptual de la temática.

INTRODUCCIÓN

El concepto de reacción química es un concepto básico central de la Química y, por consecuencia, de sus programas educativos. Al comprender mejor este concepto los alumnos pueden explicarse los cambios que suceden en la naturaleza y las causas que los generan.

Una forma de introducir el estudio de la reacción química es establecer la distinción entre cambio físico y cambio químico que, a su vez, ayudan a introducir los conceptos macroscópicos de sustancia, elemento y compuesto, ayuda a diferenciar los conceptos compuesto y mezcla, etc. Además, la idea de cambio químico es importante para que el ciudadano común conozca los diferentes efectos biológicos de las sustancias, que se dé cuenta de la función de la industria química, etc. A pesar de su importancia, investigaciones recientes indican que existe gran confusión y dificultad entre los alumnos del nivel bachillerato para diferenciar los cambios químicos y físicos que sufren los materiales. Para contribuir a aclarar esta confusión y ayudar en su aprendizaje, en este trabajo realizamos una revisión y análisis de la bibliografía reciente para así establecer recomendaciones en su enseñanza.

Para su presentación, esta tesis se ha dividido en 4 capítulos. En el capítulo I (Antecedentes) se incluyen los marcos de referencia, donde se ilustra el tipo de escuela, los tipos de alumnos, etc. a que se dirige esta propuesta. También se incluyen los marcos teóricos de la disciplina y de su didáctica, que permiten resaltar la importancia del concepto a estudiar. En el capítulo II (Metodología) se ubican los objetivos de esta tesis, las hipótesis de trabajo y la metodología empleada. En el capítulo III (Análisis, discusión y propuesta) se presenta la propuesta tradicional de enseñanza del concepto de reacción química, el análisis de la Unidad-1 (Agua) de la asignatura de Química-1 del CCH, donde se ubica la propuesta, así como las dificultades de enseñanza y aprendizaje que se tienen al introducir el concepto de reacción química, y el análisis conceptual del concepto de reacción química. También se incluye la propuesta de enseñanza y los resultados provisionales de su aplicación.

En el capítulo IV (Conclusiones y recomendaciones) se incluyen las conclusiones de este trabajo así como las recomendaciones para trabajos futuros. Por último, la bibliografía contiene todas las referencias bibliográficas revisadas en este trabajo.

CAPITULO 1 ANTECEDENTES

En este capítulo se incluyen los marcos de referencia y teóricos de este trabajo. La primera sección describe el contexto del trabajo: tipo de escuela, tipos de alumnos, etc. En la segunda sección se incluyen los marcos teóricos de la disciplina (Química en el nivel bachillerato en general y para la UNAM, y en particular la Química I del primer semestre del bachillerato del CCH) y de su didáctica. Esta sección resalta la importancia del concepto cambio químico y explicita la corriente educativa en que está inmersa la propuesta.

1.1 Marco de referencia.

En esta sección se habla del nivel bachillerato en México, sus diversos tipos y aspectos generales. Después se comenta el bachillerato de la UNAM y los aspectos especiales del Colegio de Ciencias y Humanidades.

1.1.1 El bachillerato en México.

El sistema de educación media superior actual está conformado por dos subsistemas, de acuerdo con sus características estructurales y los propósitos

de la educación que imparte: una de carácter propedéutico y otra bivalente (SEP, 2001).

La educación de carácter propedéutico se imparte a través del bachillerato general en una amplia gama de instituciones públicas y particulares. En el periodo 2000-2001 atendió a 1.76 millones de alumnos y se caracteriza por una estructura curricular que busca formar al estudiante para acceder a la educación superior. Y sus planes de estudio se organizan en dos núcleos formativos; uno básico en matemáticas, ciencias naturales, ciencias sociales, lenguaje y comunicación, y otro propedéutico que se imparte en los últimos semestres y se organiza en 4 áreas: físico-matemáticas e ingenierías, biológicas y de la salud, sociales, y humanidades y artes (SEP, 2001).

La educación de carácter bivalente se caracteriza por contar con una estructura curricular integrada por un componente de formación profesional para ejercer una especialidad tecnológica y otro de carácter propedéutico que permite a quienes lo cursan continuar los estudios de tipo superior. Esta educación se presenta en dos formas principales: el bachillerato tecnológico y la educación profesional técnica (SEP, 2001).

El principal objetivo del bachillerato general en México es ofrecer una educación de carácter formativo e integral, en la que el educando reciba una

preparación básica general que comprende conocimientos científicos, técnicos y humanísticos, conjuntamente con algunas metodologías de investigación y de dominio del lenguaje. Se busca que el estudiante ejercite su capacidad para manejar algunas herramientas de análisis y la resolución de problemas, y se le ofrece una formación que corresponda a las necesidades de su edad. Asimismo, se promueve que el bachiller reflexione, asimile y participe razonadamente en los cambios de su entorno, su país y el mundo (SEP, 2000).

Según estimaciones del Consejo Nacional de Población (Conapo), al final del año 2000 había 99.6 millones de personas en nuestro país. Durante el año escolar que comenzó en agosto de 1999 y culminó en julio del año 2000 (ciclo escolar 1999-2000), el Sistema Escolarizado Nacional proporcionó servicios a 29.2 millones de niños y jóvenes en los diversos niveles, tipos y modalidades que lo conforman. De éstos, 2.893 millones (casi el 10 %) de alumnos cursaron el nivel medio superior en 9,542 planteles (300 alumnos por plantel) y siendo atendidos por 203,891 docentes (14 alumnos por profesor). Y sólo el 46 % de la población entre 16 y 18 años cursaba este nivel en este ciclo (SEP, 2000).

Para el ciclo escolar 2001-2002 el número de alumnos del nivel medio superior fue de 3,095,361 con 218,115 docentes en 10,094 escuelas. De éstos, 387,700 alumnos, 32,384 docentes y 1,640 escuelas, respectivamente, son parte del

nivel profesional técnico y 2,707,661 alumnos, 185,731 docentes y 8,454 escuelas, respectivamente, del nivel bachillerato. Y sobre la cobertura, la captación de 1.44 millones de estudiantes egresados de secundaria en este ciclo fue 93.3%, i. e 46.8% del grupo de edad entre 16 y 18 años (SEP, 2001).

Con respecto al calendario escolar, muchas escuelas de educación media superior tienen calendarios semejantes a los que establece la SEP; de 200 días hábiles de clases al año. Y como parte de una reforma educativa, desde 1993, las instituciones que ofrecen el bachillerato general cuentan con una nueva estructura integrada por tres núcleos: formación básica, formación propedéutica y formación para el trabajo, mismos que continuamente son evaluados y actualizados (SEP, 2000).

1.1.2 El bachillerato en la UNAM.

La Universidad Nacional Autónoma de México tiene dos bachilleratos, la Escuela Nacional Preparatoria y la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH). Ambos forman parte del bachillerato propedéutico impartido por las universidades autónomas, que aprueban sus propios planes y programas de estudio, y aplican sus normas y formas de operación específicas (SEP, 2001).

En el año 2000, la planta docente de la ENP contó con 2767 profesores, de los cuales 2055 son de asignatura, 484 de carrera de tiempo completo y 128 técnicos académicos. Para el CCH, en el 2000 su plantilla de docentes se integraba por 2007 profesores, de estos 1235 son de asignatura, 687 de carrera de tiempo completo y 85 técnicos académicos (UNAM, 2000). Y en relación a la matrícula del Bachillerato en la UNAM, en el año 2002 se contaba con un total de 96,798. De estos, la Escuela Nacional Preparatoria atendió a 44,375 (16 alumnos por profesor) y el Colegio de Ciencias y Humanidades tenía inscritos 51,347 (25 alumnos por profesor) (UNAM, 2002).

Ambos subsistemas de la UNAM cuentan con programas de estudios diferentes que se cursan en tres años, la ENP responde a una programación anual y el CCH se divide a través de semestres. Con respecto al calendario escolar, el plan semestral consta de 16 semanas, i. e. 80 días semestrales o 160 días hábiles de clases al año que se cursan, sea en el turno matutino o el vespertino. Para el plan anual de la ENP se contemplan 36 semanas, i. e. 180 días hábiles al año con sesiones en turnos matutino o el vespertino.

Como parte de una reforma educativa en el país en el nivel medio superior, se revisaron y modificaron los planes y programas de estudios de la Escuela Nacional Preparatoria y del Colegio de Ciencias y Humanidades que se

aprobaron en el año de 1996. Las modificaciones buscan una estructura curricular más coherente con el perfil de egreso deseado y proponen actualizar los contenidos, promover formas de enseñanza más dinámicas, fomentar la investigación, la profundización y la reflexión como formas de trabajo académico cotidianas (CAB, 2000).

1.1.3. El bachillerato en el CCH.

El CCH inició sus actividades en el año de 1971, es un bachillerato de cultura básica y tiene la característica de ser propedéutico, general y único. Sus instalaciones son cinco y se distribuyen en la zona metropolitana y en el Estado de México: No. 1 Azcapotzalco, No. 2 Naucalpan, No. 3 Vallejo., No. 4 Oriente y No. 5 Sur que atienden un promedio mayor a 10,000 alumnos por plantel.

El perfil de egreso del alumno del CCH propone que deba poseer conocimientos, habilidades, actitudes y valores académicos y humanos, y sea capaz tanto de emprender con éxito estudios de licenciatura, como de incorporarse al mercado de trabajo, gracias a su capacidad de reflexión, de informarse por cuenta propia, de resolver problemas y de mantener relaciones de respeto y solidaridad con quienes constituyen su medio familiar, escolar y social más ampliamente considerado (CCH, 1996).

Su plan de estudios se integra por cuatro áreas: Matemáticas, Ciencias Experimentales, Histórico-Social y Lenguaje y Comunicación. El área de Ciencias Experimentales se integra por cinco asignaturas: Física, Química, Biología, Ciencias de la Salud y Psicología, que tienen como propósito lograr una formación científica básica del bachiller que sea útil para cualquier ciudadano del mundo actual, en la medida en que incorpore nociones y conceptos de ciencia, sus formas de proceder, actitudes características, la terminología científica, sus aplicaciones tecnológicas, y contribuya a desarrollar una relación más armónica entre su sociedad y el ambiente (CCH, 1996).

1.2 Marcos teóricos.

En esta sección se habla acerca de la química en el bachillerato, de la química en el bachillerato de la UNAM, de la química en el CCH de la UNAM, y en particular, de la asignatura Química I del primer semestre del CCH. En donde es posible se habla de sus respectivas didácticas.

1.2.1 La Química en el nivel bachillerato y su didáctica.

Si uno se pregunta porque se debe enseñar química en el nivel bachillerato una posible respuesta es que el mundo en que vivimos se puede explicar de una

forma más completa si se supone que esta formado por partículas (moléculas y átomos), que no cabe la menor esperanza de comprender de forma científica el mundo si no se explora el mundo molecular, lo que es el objeto de la química. Que la comprensión de que la química revela coherencias de la naturaleza, regularidades, leyes, etc. lo que constituye un gran placer (Lehn, 1996).

Con respecto a la enseñanza de la química en el nivel bachillerato, esta ha atravesado distintas etapas en lo referente a la formulación de sus finalidades, contenidos y métodos didácticos. En los años sesenta se centraba en el conocimiento de los elementos, los compuestos químicos y sus reacciones químicas, desde un punto de vista más descriptivo, y en la obtención y las aplicaciones de estas sustancias. En los años setenta se potenciaron sus aspectos conceptuales y se puso énfasis en los principios químicos (estructura atómica y molecular, termoquímica, equilibrio químico, etc.) más que en las propiedades y reacciones concretas y en los procesos que conducen al conocimiento científico. Estos cambios pretendían mejorar la preparación científica de los estudiantes de ciencias para futuros estudios superiores. Y desde el punto de vista didáctico implicaron una valoración de los procedimientos de la ciencia y del trabajo experimental vía descubrimiento orientado, en el que se elaboraron proyectos anglosajones de gran importancia

y difusión. La difusión de estos proyectos tuvo gran influencia en los enfoques más innovadores para la enseñanza de la química en la década de los ochenta. Y recientemente, las reformas de los sistemas educativos en todo el mundo en la década de los noventa iniciaron un periodo de renovación de los objetivos y contenidos de las ciencias de la naturaleza, y de la química en particular. Una mayor atención a los aspectos procedimentales y una disminución de los aspectos más formales de muchos de los contenidos caracterizaron este periodo. De esta manera en los nuevos currículos de ciencias aparecieron bloques de contenidos dedicados a la comprensión de la naturaleza y los procedimientos de la ciencia, y a la introducción de contenidos de ciencia-tecnología-sociedad. La introducción del estudio de los materiales (metales, cerámicas, vidrio, polímeros, combustibles, etc.) es un ejemplo de este enfoque curricular que en determinados contenidos se sitúa en la interfase entre ciencia y tecnología (Caamaño, 2003, Johnstone, 1993).

Sin embargo, el escaso tiempo dedicado a las ciencias y la falta de apoyo para la realización de clases prácticas y experimentales continúan dificultando la posibilidad de cambios más profundos. Además, la eliminación de materias optativas relacionadas con la química, y la disminución del número de estudiantes que escogen las asignaturas de física y de química están situando a

esta asignatura en una situación crítica. Ante esto la necesidad de replantearse los objetivos, los contenidos y las estrategias didácticas de la química especialmente en el nivel bachillerato donde adquiere una urgencia evidente. Este replanteamiento debe ir en las siguientes direcciones (Caamaño, 2003, Garritz, 1998):

- Intentar consensuar los contenidos de conceptos y procedimientos más importantes, para poder aligerar el peso de los contenidos excesivamente formales de los programas.
- Poner mayor énfasis en la comprensión de los conceptos, en la elaboración de modelos, en la argumentación, en la experimentación y en la comunicación de las ideas por escrito y oralmente.
- Introducir con coherencia los aspectos prácticos, sociales y medioambientales de la química en la estructura de la asignatura.
- Potenciar los trabajos prácticos de carácter investigativo así como la introducción de las nuevas tecnologías en las aulas de química.

Todo ello acompañado de un mayor conocimiento sobre las dificultades de aprendizaje de los contenidos de la química y de un uso más eficaz de las estrategias didácticas y de los recursos disponibles para ayudar a superarlas, para conseguir de este modo una mejor comprensión de los principios básicos

de la química, de sus aplicaciones, y de su relación con otras ciencias y con la sociedad. En definitiva de lo que se trata es de contribuir desde la química a lograr una mejor cultura científica de los futuros ciudadanos (Caamaño, 2003, Furió et al, 2000, Gabel, 1998).

Independientemente de lo novedoso de la propuesta para enseñar la química, el concepto de reacción química es un concepto básico central de la Química (Caamaño, 2003; Gillespie, 1997) y, por consecuencia, de sus programas educativos (p. ej. CAB, 2000). Y uno de los puntos iniciales de su estudio es la distinción entre cambio físico y cambio químico. Esta distinción ayuda al ciudadano común a que conozca los diferentes efectos biológicos de elementos y compuestos, que sé de cuenta de la función de la industria química, etc. (Holman, 2001).

1.2.2 La Química en el nivel bachillerato de la UNAM y su didáctica.

En los últimos años el ciclo que corresponde a la enseñanza media superior en México ha sido cuestionado por la insuficiente definición de sus prioridades académicas y de su papel en el sistema educativo. Para dar atención a los avances del conocimiento, con frecuencia se incrementan los contenidos curriculares sin que éstos incidan en aspectos fundamentales de la formación

de los alumnos; no hay la suficiente coherencia entre programas y finalidades educativas y, en general, no se ha contribuido de manera más eficaz para que los egresados de este ciclo se desempeñen con éxito en sus estudios de licenciatura y en la vida social y laboral (CAB, 2000).

Lo anterior ha impulsado desde la década pasada, en prácticamente todos los países, un movimiento de reforma de este ciclo entre cuyos elementos destaca la identificación y definición explícita de los aprendizajes concretos a los que debe orientarse la educación en este nivel. En este sentido, las experiencias de los subsistemas del bachillerato de la UNAM al igual que las de otras instituciones educativas, ponen de manifiesto la importancia de identificar, destacar y comunicar el conjunto de conocimientos, habilidades, valores y actitudes que por su importancia disciplinaria y su potencial de significatividad y de aplicabilidad se consideran esenciales para la consecución de los perfiles de egreso deseados, los que a su vez están orientados a satisfacer las expectativas de la sociedad. En este marco el Consejo Académico del Bachillerato de la UNAM inició en 1998 los trabajos para definir el Núcleo de Conocimientos y Formación Básicos que debe proporcionar el Bachillerato. En relación a la química, se establecieron sus conocimientos, habilidades, actitudes y valores básicos, i. e. lo que debe saber, saber hacer y saber valorar

un egresado del bachillerato relativo a esta disciplina. El núcleo de conocimientos se estableció en términos de desempeños, los cuales se agruparon en torno de los principales aspectos conceptuales y temáticos esenciales en la disciplina (CAB, 2000) :

1. Aspectos generales
2. Materia y energía
3. Estructura de la materia y tabla periódica
4. Unión química
5. Reacciones químicas
6. Aplicaciones de la química

Se establece que los desempeños propuestos deberán alcanzarse al término del o los cursos de química, por lo que no deben relacionarse estrictamente a un tema programático específico. Y si bien los programas actualizados de química tanto en la Escuela Nacional Preparatoria como del Colegio de Ciencias y Humanidades están organizados tanto alrededor de grandes temas como son El Agua, El Aire, La Energía, La Corteza Terrestre, El Suelo, como en torno de las principales aplicaciones de esta disciplina, como son Química y Alimentos, Química Y Salud, o Química en Desarrollo, es evidente que en las diversas unidades se deben abordar los conocimientos, habilidades, actitudes y valores

fundamentales de química que los alumnos deben aprender, puesto que no se trata de cursos de divulgación (CAB, 2000). De esta propuesta seleccionamos los aspectos que consideramos prerequisites y relevantes para introducir el tema de reacción química :

2.1.6 Discrimina entre fenómenos físicos y químicos.

2.1.8 Comprende que en todo proceso o fenómeno interviene la energía.

2.3.1 Explica los conceptos de átomo, molécula, ion, elemento y compuesto.

3.2 Describe las características del modelo atómico de Bohr y reconoce su importancia para explicar el comportamiento químico de la materia.

4.1 Conoce los modelos que explican la forma mediante la cual se unen los átomos para formar moléculas.

4.2 Explica cómo los electrones de valencia forman enlaces.

4.3 Utiliza la regla del octeto de Lewis para representar los enlaces en algunas moléculas.

5.1.5 Representa los cambios químicos por medio de ecuaciones.

1.2.3 La Química en el CCH de la UNAM y su didáctica.

El área de Química en el CCH busca lograr el aprendizaje de aspectos fundamentales de la química como son: elemento, compuesto y mezcla, símbolos

de los elementos y escritura de fórmulas, leyes de conservación de la materia y la energía, leyes ponderales, clasificación de elementos y de compuestos, teorías de estructura de la materia y de enlace químico, orientado todo a la comprensión de la reacción química, que es el concepto central (CCH-UACB, 1996), ya que incorpora el lenguaje propio de la química, aplica los conceptos y simbología de elemento y compuesto, implica la existencia de reactivos y productos, así como la ruptura y formación de enlaces químicos, y se puede representar en forma adecuada a través de ecuaciones (Rojano Rodríguez et. al., 1996).

Al mismo tiempo se desea proporcionar a los estudiantes los elementos que los lleven a conformar la parte de la cultura que corresponde al conocimiento científico y tecnológico, lo que les permitirá, a su egreso del bachillerato, interactuar con su entorno en forma más creativa, responsable, informada y crítica además de capacitarlos para proseguir estudios superiores (CCH-UACB, 1996).

La Asignatura de química se imparte de la siguiente manera:

Primer semestre, Química-1 (materia obligatoria): Unidad-1: Agua, Origen y Fuente de Vida y Unidad-2: Aire, El Mar de Gases en el que Vivimos

Segundo semestre, Química-2 (materia obligatoria): Unidad-1: Suelo, Recurso Básico para la Producción de Alimentos y Unidad-2: Química en Desarrollo

Quinto semestre, Química-3 (materia optativa): Unidad-1: La Industria química en México, Unidad-2: Industria Minero-Metalúrgica, Herencia No Aprovechada y Unidad-3: Fertilizantes, Productos Estratégicos de la Industria Química

Sexto semestre, Química-4 (materia optativa): Unidad-1: La Petroquímica, Piedra Angular del Desarrollo, Unidad-2: El Etileno, molécula Útil para la Síntesis, Unidad-3: Importancia de los Polímeros y Unidad-4: Biotecnología, De la Tradición al Desafío de la Imaginación del Hombre.

Con respecto a la didáctica de la química en el CCH de la UNAM (CCH-UACB, 1996), se considera que el sujeto principal en el proceso de enseñanza-aprendizaje es el estudiante, por lo que las estrategias didácticas deberán organizarse tomando en consideración su edad, intereses y antecedentes académicos. Es importante tener presente que el alumno tiene sus propias concepciones de los fenómenos naturales y, para que reestructure científicamente esas ideas, será necesario propiciar un cuestionamiento sistemático que ponga en juego sus diversas formas de razonar.

Se privilegiarán la investigación como estrategia de aprendizaje, la que estará encaminada a formar alumnos críticos y creativos que sean capaces de generar

sus propias estrategias de razonamiento y de aprendizaje. La investigación será un proceso continuo e integral de búsqueda de conocimiento y desarrollo de habilidades académicas básicas.

Para garantizar una formación del estudiante acorde con los objetivos del Área de Ciencias Experimentales y con los de esta disciplina, la metodología de enseñanza se caracteriza por:

- Organizar la actividades de enseñanza y de aprendizaje con base en situaciones-problema, de interés para el estudiante, a través de la vinculación de los contenidos con la realidad circundante.
- Abordar los contenidos de acuerdo con las ideas previas y formas de razonar de los alumnos, de manera que éstos puedan expresar sus opiniones, relacionar entre sí las ideas, elaborar preguntas y avanzar en sus explicaciones.
- Promover la participación individual y colectiva en la formulación y resolución de los problemas planteados.

En este contexto, el proceso de aprendizaje se organizará en torno de situaciones problema. Las situaciones problema tienen la función de iniciar el proceso de indagación de los alumnos y pueden definirse a partir de una situación cotidiana, de un hecho novedoso o de un experimento que contradiga

sus ideas y represente alguna forma de reto; lo importante es provocar su interés para que ponga en juego sus conocimientos y habilidades y avancen en sus explicaciones.

Los conceptos básicos se estudian en un proceso en espiral donde cada concepto se vuelve a abordar en la siguiente unidad con una mayor profundidad y con un campo aplicativo más amplio; con ello se pretende que el alumno modifique paulatinamente sus esquemas de pensamiento y se propicia la adquisición de aprendizajes significativos.

Las actividades de aprendizaje se orientarán a que el estudiante realice un proceso de construcción del conocimiento a través de la búsqueda de información bibliográfica y hemerográfica, trabajo experimental, interpretación y sistematización de resultados, solución de problemas, redacción de informes, etc., que le permitan dar respuesta a interrogantes concretas previamente formuladas sobre temas específicos y relevantes para él. Tales interrogantes (situaciones-problema) deberán favorecer el avance de lo macroscópico a lo microscópico, de lo simple a lo complejo, de lo concreto a lo abstracto y de conceptos poco estructurados al conocimiento formal.

Esta metodología permitirá que el estudiante construya su conocimiento a través de un circuito de preguntas-respuestas-contrastación de ideas en el

grupo-explicaciones-nuevas preguntas, basado en la búsqueda, la reflexión y el análisis de la información obtenida, lo que contribuirá al desarrollo de sus habilidades intelectuales.

La química es una ciencia experimental, por lo que será indispensable el contacto directo de los estudiantes con los fenómenos químicos; sin embargo, para que la experimentación se traduzca en aprendizaje, se deberá reflexionar sobre los hechos observados, a fin de establecer la relación que existe entre esos hechos y las teorías que explican al fenómeno objeto de estudio, así como la construcción de modelos.

Por otro lado, las actividades experimentales deberán facilitar la obtención de resultado y graduarse, a medida que avanzan los cursos, hacia una mayor independencia en la planeación y realización experimental, de forma tal que el estudiante no se pierda en la búsqueda de respuestas, pero tampoco se lo encasille en prácticas demostrativas.

En todo momento se tendrá especial cuidado en la operación experimental, tomando en consideración las normas de seguridad adecuadas al manipular sustancias peligrosas y al disponer basura o desechos de laboratorio.

Al finalizar cada unidad se recomienda desarrollar una actividad que propicie la síntesis de lo estudiado y que permita a los estudiantes recapitular e integrar,

así como valorar lo aprendido hasta el momento. También conviene reflexionar sobre la manera como se aprendió; hacer consciente al alumno de las estrategias empleadas para adquirir el conocimiento, esto lo ayudará a usarlas en nuevas situaciones (CCH-UACB, 1996).

1.2.4 La asignatura Química I del primer semestre en el CCH de la UNAM y su didáctica.

Los objetivos que se pretende alcance el alumno, según el programa de estudios actual de Química I son (CCH-UACB, 1996) :

a) Inferirá conceptos básicos de la química (elemento, compuesto, enlace, estructura de la materia, mezcla) a partir del estudio del agua y del aire y de las reacciones químicas de descomposición del agua y de síntesis de óxidos que pueden ser involucrados en este estudio.

b) Comprenderá el concepto de reacción química, a través de la caracterización y experimentación de las reacciones de descomposición del agua y de oxidación, destacando las proporciones de los elementos constituyentes en los compuestos, la conservación de la masa y de la energía en las reacciones, la representación a través de fórmulas y ecuaciones y su significado cuantitativo.

c) Analizará algunas propiedades (densidad, solubilidad, puntos de ebullición y de fusión, capacidad calorífica, reactividad) del agua y de los principales componentes del aire (oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono), así como los principios que explican dichas propiedades, los cuales contribuirán a la construcción de los conceptos básicos de la química.

d) Comprenderá el papel del agua y del oxígeno en el mantenimiento de la vida y conocerá como son aprovechadas las capacidades calorífica y de disolución del agua y la propiedad comburente del oxígeno en la industria y en la generación de energía, para comprender cómo el uso irracional de estos recursos ha provocado serios problemas ambientales, lo que deberá incidir en una revaloración del agua y del aire como recursos naturales y en la necesidad urgente de preservarlos.

e) Sistematizará la información acerca de las propiedades y comportamiento de la materia estudiados, concretándola en clasificaciones generales de compuestos y en la clasificación periódica de los elementos.

f) Desarrollará habilidades y destrezas relativas a la observación, cuantificación e interpretación de fenómenos de tal manera que pueda:

- Observar en forma sistemática durante las actividades experimentales cualitativas y cuantitativas, seleccionando los aspectos importantes para su

objeto de estudio, además de discriminar la información relevante en las revisiones bibliográficas.

- Elaborar modelos que describan y expliquen los comportamientos y propiedades observados y modificarlos al aparecer nuevos hechos, iniciando la comprensión de cómo se construyen o evolucionan las teorías.

- Establecer patrones de regularidad al comparar, relacionar y organizar la información relativa a los elementos estudiados y sus reacciones, concretándolos en la clasificación de elementos y compuestos.

- Desarrollar procesos de investigación experimental y documental sencillos para resolver problemáticas relativas a la proporcionalidad de los elementos en un compuesto.

- Expresar en forma oral y escrita los resultados y conclusiones de las investigaciones realizadas

En la asignatura Química I las nociones y conceptos generales son cambio, materia-energía, regularidad, modelo e historicidad del conocimiento científico. Estos se enfatizarán durante el estudio de los cambios físicos y químicos, de las interacciones materia - energía presentes en estos cambios, de las regularidades que se presentan en las propiedades de las sustancias y en el análisis de los modelos empleados para explicar los fenómenos

observados. En este curso los conceptos básicos son mezcla, compuesto, elemento, estructura de la materia, reacción química y enlace (Rojano Rodríguez et. al., 1996).

En relación a su didáctica (CCH-UACB, 1996), el enfoque y los temas que constituyen los cursos de Química I y II, buscan centrar el interés de los alumnos en problemas reales y cercanos, ubicándolos en su contexto como fenómenos naturales, lo que permite apreciar relaciones con la física y la biología y colabora a dar una visión integral de la ciencia.

Por otro lado, se pretende que el estudiante comprenda que el conocimiento del comportamiento químico de la materia ha permitido al hombre aislar de la naturaleza sustancias que le son útiles o sintetizar materiales que han mejorado la calidad de vida del ser humano, pero que su uso inconsciente ha deteriorado el medio ambiente. Para lograrlo, se presenta, integrado al conocimiento básico de la química, un acercamiento a los procesos químicos de nivel industrial y a las repercusiones de éstos en el medio ambiente. Este acercamiento no se da como temas o subtemas de una unidad, sino como referentes directos a los conceptos que se estén manejando.

Entre los procesos químicos estudiados, se pone énfasis en aquellos que son importantes actualmente o que se deben fomentar para el desarrollo del país.

Al aportar al estudiante un panorama amplio y estructurado de los campos del conocimiento y aplicaciones de la química, se apoyará su orientación vocacional.

Los aspectos relativos a la cuantificación, simbología y nomenclatura química se incorporan a lo largo de los cursos, en la medida en que se requieran para el estudio de las sustancias y los fenómenos abordados.

El estudio del agua, del aire y del suelo da contexto a los conceptos básicos, permite vincular a la química con el entorno inmediato del estudiante y ayuda a percibir la relación que existe entre el conocimiento químico y el desarrollo tecnológico, además de propiciar la educación ambiental (CCH-UACB, 1996).

CAPITULO 2 METODOLOGÍA

2.1 Objetivos de esta tesis.

I. Realizar un análisis del programa de la Unidad-1 (Agua) de la asignatura Química-1 del CCH para hacer explícito la propuesta de enseñanza del concepto de reacción química en un nivel introductorio.

II. Identificar las dificultades de enseñanza y aprendizaje que tienen los estudiantes durante la introducción del concepto de reacción química analizando resultados de investigación en la enseñanza y el aprendizaje de la química, así como la práctica docente propia.

III. Realizar un análisis conceptual del tema reacción química para identificar sus conceptos prerrequisitos y para establecer el nivel de comprensión introductorio que se desea alcanzar.

IV. Establecer una secuencia de actividades para enseñar el concepto de reacción química en forma introductoria durante la Unidad-1 de la asignatura Química-1 del CCH.

V. Incluir en esta propuesta el desarrollo de habilidades, actitudes y valores por parte del alumno, mediante la resolución, ejecución y proposición de situaciones problema en donde estén involucrados los conceptos básicos.

VI. Aplicar esta propuesta en el aula con los alumnos y analizar su impacto.

2.2 Hipótesis de trabajo.

I. Se cree que la propuesta de enseñanza del concepto de reacción química inmersa en la Unidad-1 (Agua) de la asignatura Química-1 del CCH no permite alcanzar una comprensión en un nivel introductorio de este concepto.

II. Se espera confirmar que el principal problema en la enseñanza y el aprendizaje de la introducción al concepto de reacción química es la carencia y/o confusión que tienen los estudiantes en cuanto a conceptos prerequisite como sustancia, cambio químico, cambio físico, átomo, elemento, enlace, molécula, compuesto y mezcla.

III. Se pretende establecer que los conceptos prerrequisitos para introducir el concepto reacción química son materia, sustancia, cambio químico y cambio físico.

IV. De igual forma, se espera establecer como nivel de comprensión introductorio del concepto reacción química la idea macroscópica de cambio químico como interacción entre sustancias que forma otras nuevas. Este concepto se explica desde el punto de vista microscópico utilizando el concepto de partícula.

V. Se espera que la secuencia de actividades a diseñar le permitirá al alumno construir y aclarar los conceptos prerrequisito básicos para comprender en forma introductoria el concepto reacción química.

2.3 Metodología de trabajo.

Se realiza una búsqueda bibliográfica para seleccionar y organizar la información que permite establecer los marcos de referencia y teóricos de este trabajo. A continuación se analiza el programa de la Unidad-1 (Agua) de la asignatura Química-1 del CCH.

Se realiza una revisión de la bibliografía reciente sobre las dificultades de enseñanza y aprendizaje que tienen los estudiantes durante la introducción del concepto de reacción química que presentan algunos autores y autoras de libros y artículos de opinión, innovación y de investigación educativa. Se selecciona y analiza material bibliográfico que se compara con el contexto del trabajo para luego ser racionalizada y organizada.

Con toda esta información se realiza un análisis conceptual del tema reacción química para identificar sus conceptos prerrequisitos y para establecer el nivel de comprensión introductorio que se desea alcanzar. Además, se diseña una secuencia de actividades para enseñar el concepto de reacción química en forma introductoria durante la Unidad-1 de la asignatura Química-1 del CCH.

La propuesta piloto se aplica en el aula con los alumnos y su comprensión se analiza vía sus comentarios, participaciones, resolución de ejercicios, productos elaborados, etc.

CAPITULO 3 ANÁLISIS, DISCUSIÓN Y PROPUESTA

En este capítulo, se presenta la propuesta tradicional de enseñanza del concepto de reacción química, el análisis de la Unidad-1 (Agua) de la asignatura de Química-1 del CCH, las dificultades de enseñanza y aprendizaje que se tienen al introducir el concepto de reacción química, y el análisis conceptual del concepto de reacción química. También se incluye la propuesta de enseñanza y los resultados provisionales de su aplicación.

3.1 Propuesta tradicional de enseñanza del concepto reacción química.

El concepto de reacción química junto con el de conservación de la masa están presentes en los primeros temas de la mayoría de cursos de química de nivel bachillerato desde hace más de un siglo (Jensen, 1998). En la enseñanza tradicional del concepto de reacción química se llevan a cabo numerosas actividades, sobre todo pequeños experimentos relacionados con la vida cotidiana (Borsese et al, 1998). Para definir este concepto se utiliza el punto de vista microscópico, i.e. involucra interacciones de nubes electrónicas entre los átomos de la materia (Jensen, 1998), ocurre cuando los átomos se unen juntos en una forma diferente y nuevas sustancias se forman con propiedades

diferentes (Holman, 2001), resulta en nuevas partículas con un diferente rearrreglo de átomos unidos juntos, etc.

En resumen, los experimentos realizados se explican partiendo de átomos y se procede a hablar de moléculas, de compuestos, de mezclas y elementos para terminar en la reacción química (Barker, 2001).

Para introducir el concepto de reacción química se inicia con la distinción entre cambio físico y cambio químico. Un cambio físico se define como aquel en que la forma de la materia cambia, pero no sus propiedades químicas, como romper un papel, fundir hielo, disolver sal o azúcar en agua (Jensen, 1998). Y para distinguir si un cambio material es químico o físico se emplean diversos criterios (Dronsfield, 2002; Glasser, 2002):

Tabla 1. Criterios establecidos para distinguir entre cambio químico y físico.

Criterio	Cambio Químico	Cambio físico
Energético	Grandes cantidades de calor	Pequeñas cantidades de calor
Reversibilidad	Difícilmente	Fácilmente
Apariencia	Cambio de color o de estado físico	No hay cambio de color o de estado físico
Enlace	Ruptura de un enlace	No se rompen enlaces

En resumen, como profesores de química consideramos suficiente que si les mostramos a los estudiantes varias reacciones químicas ellos serán capaces de comprender que pasa con las partículas involucradas.

3.2 Análisis de la Unidad-1 (Agua) de la asignatura Química-1 del CCH.

En esta sección se incluye un análisis general de la Asignatura de Química-1 y de su Unidad-1. En seguida se hace un breve análisis solamente para la Unidad-1, en el sentido de cómo se pretende abordar el concepto de reacción química.

3.2.1 Análisis general.

La asignatura Química I del CCH (Clave 4103) es una materia obligatoria de 10 créditos que se imparte en forma de 5 horas de teoría y práctica (dos sesiones de dos horas y una de una hora) semanales durante el primer semestre. Este curso tiene una orientación de cultura básica, según la cual se presentan en forma integrada los conceptos fundamentales de la química, los métodos que se emplean para generar su conocimiento, así como un acercamiento a algunos procesos industriales y a sus repercusiones ambientales.

Los propósitos del curso Química I son : i) inferir conceptos básicos de la química a partir del estudio del agua y del aire y de las reacciones químicas de descomposición del agua y de síntesis de óxidos, ii) comprender el concepto de reacción química, a través de la caracterización y experimentación de las reacciones de descomposición del agua y de oxidación, destacando las proporciones de los elementos constituyentes en los compuestos, la conservación de la masa y de la energía en las reacciones, la representación a través de fórmulas y ecuaciones y su significado cuantitativo, iii) analizar algunas propiedades del agua y de los principales componentes del aire así como los principios que explican dichas propiedades, iv) comprender el papel del agua y del oxígeno en el mantenimiento de la vida, v) sistematizar la información acerca de las propiedades y comportamiento de la materia estudiados, concretándola en clasificaciones generales de compuestos y en la clasificación periódica de los elementos, y vi) desarrollar habilidades y destrezas relativas a la observación, cuantificación e interpretación de fenómenos.

La primer unidad de este programa es Agua : Origen y fuente de vida. A ella se asignan 40 horas. Los propósitos de esta unidad son : 1) Comprender, en un primer acercamiento, los conceptos de elemento, compuesto, reacción química, enlace, estructura de la materia y mezcla, implicados en la descomposición del

agua, 2) Construir modelos operativos de los conceptos de enlace, molécula y compuesto, basados en el estudio experimental de algunas propiedades anómalas del agua, 3) Conocer algunas propiedades químicas del agua y los principios que las explican, 4) Valorar la importancia del agua como recurso natural y adquirir una actitud responsable hacia su uso, y 5) Reconocer a los procesos de análisis y de síntesis químicos como mecanismo para conocer las propiedades de la materia.

3.2.2 Análisis en el contexto del concepto reacción química.

A pesar de que en esta y todas las unidades de los cursos de química el propósito central es la conceptualización de la reacción química solamente en uno de los objetivos particulares de la unidad se menciona el concepto de reacción química cuando dice: "Comprenderá, en un primer acercamiento, los conceptos de elemento, compuesto, **reacción química**, enlace, estructura de la materia y mezcla, implicados en la descomposición del agua.", pero sin determinar a ciencia cierta que tanto acercamiento, es decir, con qué profundidad debe abordarse el concepto. Y en lo que respecta a los objetivos específicos, también solamente en uno de ellos lo menciona cuando dice: "Establecerá las características de una reacción química, a través de la

electrólisis y de la síntesis del agua", donde es evidente que no simplemente con llevar a cabo reacciones químicas con los alumnos ayuda a entender por completo dicho concepto, es decir, se olvida de algunos conceptos clave que son indispensables para un buen entendimiento del concepto de reacción química, como son: sustancia, partícula, materia, cambio físico y cambio químico, por ejemplo, que son indispensables para entender este y otros conceptos.

3.3 Dificultades de enseñanza y aprendizaje de la introducción del concepto de reacción química.

Esta sección contiene información sobre las ideas previas de los alumnos, sobre algunas dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de este concepto, y las recomendaciones de expertos respecto a su enseñanza.

3.3.1 Ideas previas de los alumnos.

Los alumnos, en general, confunden el concepto de "sustancia" con términos más generales como material o producto. Al no tener claro el concepto de sustancia, no distinguen entre mezcla y compuesto, ya que no tienen herramientas macroscópicas ni microscópicas para determinar si hay una o más sustancias. Es decir, entender el concepto de cambio de la materia supone la comprensión de la teoría atómica de Dalton y la visión de la naturaleza

corpúscular de la materia (Ahtee & Varjola, 1998; Driver et al, 1999; Johnson 2000 & 2002).

A los alumnos de primeros niveles educativos no les resulta útil hacer la distinción entre cambio físico y químico. Y para los que si la hacen, su correcta aplicación depende en parte de su concepción de sustancia. Así, si consideran al hielo como una sustancia diferente al agua entonces la fusión del hielo se considera un cambio químico (Ahtee & Varjola, 1998).

Para los alumnos en un primer nivel de comprensión conceptual (observan los cambios macroscópicos pero no comprenden que ocurre un cambio) una reacción química es mas bien un evento con manifestaciones inusuales e inesperadas como efervescencia, explosión o cambio de color. No aprecian que en un cambio físico o químico que implique dos o más materiales hay una interacción mutua, no captan la idea de transformación como un proceso interactivo, que lleva de un estado inicial a uno final. Centran su atención en uno de los materiales participantes y luego consideran ese material como la causa del cambio que observan (Driver et al, 1999; Stavridou & Solomonidou, 1998). Estos alumnos no distinguen de transformaciones físicas y químicas de la materia.

Los estudiantes en un segundo nivel de comprensión (intermedio) identifican un fenómeno químico como la formación de un nuevo producto. Sin embargo,

presentan formas de razonar especiales: a) Si existen dos reactivos ocurre un cambio químico (disoluciones de azúcar en agua, ebullición de agua, etc.) pero si se parte de una sola el cambio no es químico (leche cortada, huevo cocido, etc.); b) Algo más o un nuevo producto se forma, en donde no distinguen si nuevos productos (sustancias) se forman o si los reactivos se conservaron durante la transformación, i. e. no construyen el concepto de sustancia química (Stavridou & Solomonidou, 1998). En un estudio independiente, estudiantes de este nivel intermedio piensan que los productos son una mezcla de reactivos (Johnson, 2002).

Y en el último nivel de comprensión conceptual (relación entre la observación macroscópica y la estructura de la materia) los alumnos ya pueden relacionar las transformaciones químicas a cambios estructurales de los reactivos o sus moléculas (Stavridou & Solomonidou, 1998). Es decir, su visión microscópica e ideas de átomos y cambios en enlaces les permiten entender el fenómeno (Johnson, 2002).

En resumen, la didáctica tradicional de las transformaciones de la materia en el tema ha sido poco satisfactoria para que los estudiantes comprendan esta temática.

3.3.2 Dificultades en la enseñanza y el aprendizaje.

Evidencia de resultados de investigación y la experiencia nos indican que a los estudiantes a partir del nivel bachillerato les cuesta mucho reconocer cuando una reacción química ocurre. Por ejemplo, algunos estudiantes piensan que una disolución, los cambios de estado, el diluir un concentrado de jugo con agua, etc. son reacciones químicas, y otros creen que un cambio químico se asocia a una pérdida de masa, a una expansión de volumen o a un cambio de color producidos durante un calentamiento (Barker, 2001; Driver et al, 1999). Es decir, el mundo molecular es familiar para el maestro pero es abstracto y confuso para el estudiante novato.

3.3.3 Recomendaciones de expertos.

En el siglo XIX se consideraban cualitativamente diferentes los enlaces llamados físicos de los químicos, razón por la cual se dio la distinción entre cambio físico y cambio químico. Sin embargo, en el siglo pasado la mecánica cuántica demostró ampliamente que la naturaleza de los enlaces es única, exclusivamente electromagnética, manifestada entre los electrones y las cargas nucleares. Los enlaces difieren solo en grado y no en calidad (Borsese & Esteban, 1998).

Opiniones similares a estas señalan que es redundante distinguir entre cambio químico y físico porque estos términos intentan reemplazar a un espectro continuo de cambios con una dicotomía innecesaria (Brosnan, 1999; Goodwin, 2002; Jensen, 1998), por que para cada uno de los criterios empleados para mostrar la diferencia se puede encontrar un contra ejemplo (Glasser, 2002). En resumen, al no poder establecer unos límites nítidos entre los cambios físicos y los químicos, hacer esta distinción en el aula no es una ayuda pedagógica ni tampoco significativo desde el punto de vista científico (Borsese & Esteban, 1998) y este hecho ayuda, en cambio, a establecer que el conocimiento científico no es invariante (Dronsfield, 2002).

En general, los maestros y los educadores sabemos que a los estudiantes les gusta el espectáculo, la diversidad, y ser capaces de relacionar los principios de la Química a aspectos familiares. Les gusta escuchar sobre sus últimos avances y sentir que es un campo de estudio dinámico, etc. De esta manera se recomienda el uso de contextos familiares y elementos y compuestos comunes para desarrollar los principios de la Química (Holman, 2001), como añadir sal a la sopa, añadir azúcar al café, romper vidrio, piezas metálicas y plásticos, lavarse las manos con un jabón, hervir agua, fundir hielos, evaporar alcohol, fundir cera y mantequilla, hacer caramelo, hacer palomitas en un horno de

microondas, hornear un pastel, cocer un huevo, quebrar sal de mesa y azúcar, quemar papel, prender una vela, ver madurar un plátano verde, cuando decimos que se corta la leche, blanquear la ropa con cloro, observar la corrosión de metales, etc (Stavridou & Solomonidou, 1998). Un buen balance entre estas experiencias caseras y las desarrolladas en el laboratorio de Química sería lo adecuado.

El tema de cambio químico y físico puede introducirse y discutirse vía observaciones de cambios reales de la materia realizadas por el estudiante en el laboratorio y, en segundo termino, como experiencias de cátedra en vivo o en video (Gillespie, 1997). Lo que hay que evitar es el tratamiento tradicional y, en su lugar, proponerse en que los estudiantes se den cuenta por ellos mismos que una reacción química significa producir una nueva substancia que no existía antes (Barker, 2001), promover que hagan preguntas, que realicen observaciones, que generen especulaciones, que argumenten, etc. (Ahtee & Varjola, 1998; Reynolds & Brosnan, 2000).

Una propuesta es estudiar las substancias y sus transformaciones, haciendo ver la diversidad de materiales y substancias que nos rodean y tratar de buscar explicaciones a las interacciones que ocurren entre ellas (Furio et al, 2000). Se recomienda permanecer, al principio, en el nivel macroscópico, para

entender el concepto de cambio de la materia como algo de observable, como preámbulo para que el alumnado pueda llegar, mas adelante, desde el mundo perceptible de lo macroscópico hasta el nivel microscópico (Borsese & Esteban, 1998).

Después se puede negociar la definición operacional de sustancia química a partir de sus propiedades específicas (por ejemplo, la apariencia, su color, olor, etc) y también el diferenciar esta de mezcla vía actividades experimentales. Entonces se puede llegar a interpretar los cambios de la materia en el nivel microscópico. Si se afirma que "la Química es romper y formar enlaces", entonces todos los cambios químicos en los que está involucrada la materia hay ruptura de unos enlaces y formación de otros nuevos (Borsese & Esteban, 1998). En este punto se recomienda establecer las relaciones adecuadas entre los niveles macroscópico y microscópico para que el alumno emplee criterios científicos y no otros mas generales en la distinción del cambio físico y el químico. Por ejemplo, se recomienda evitar el criterio de irreversibilidad para identificar a un cambio químico (Jonson, 2000 & 2002).

3.4 Análisis conceptual de reacción química.

En este apartado se proponen los conceptos que se consideran necesarios para que el alumno construya el concepto de reacción química, a nivel introductorio, y posteriormente se describe lo que necesita saber el alumno de esos conceptos para que su comprensión sea satisfactoria en un primer nivel de introducción.

3.4.1 Conceptos prerrequisitos.

Los conceptos prerrequisito que deben abordarse, según mi experiencia docente, para que el alumno logre interpretar los cambios que suceden en la naturaleza, es decir, las reacciones químicas, por medio de ecuaciones químicas ambas en su nivel introductorio, son: energía, materia, material, sustancia, elemento, compuesto, mezcla, átomo, ión, enlace, molécula, cambio físico, cambio químico. De esta manera el alumno podrá describir primero con palabras y luego con la simbología adecuada algunas reacciones químicas que suceden en la naturaleza.

3.4.2 Nivel de comprensión introductorio que se desea alcanzar.

El nivel de introducción al cual se pretende que el alumno llegue es aquel en el que describa básicamente lo que observa, es decir, en este nivel introductorio se pondrá énfasis en la parte macroscópica y cualitativa de los cambios químicos con los aspectos simbólicos que ello involucre. Cabe aclarar que la parte microscópica involucrada deberá ser explicada con ejemplos y ejercicios sencillos que puedan resolver, dejando los casos complicados para ser abordados en las siguientes unidades. Esto ayudará a que el alumno esté motivado y logre un entendimiento satisfactorio.

Por lo tanto proponemos los siguientes niveles introductorios que a continuación se describen:

Energía, macroscópicamente: que relacione la energía con las formas en que esta se manifiesta (tacto: temperatura, vista: radiación, oído: sonido, olfato: olores característicos y gusto: sabores característicos), y **microscópicamente:** que sepa que la energía se manifiesta cuando hay cambios en las interacciones de las partículas, de las que está hecha la sustancia de un material, o entre partículas de sustancias provenientes de materiales diferentes.

Materia, macroscópicamente: que relacione y clasifique los distintos tipos de materia que se presentan en la naturaleza, y microscópicamente: que sepa que las características que podemos percibir de la materia se deben a la sustancia de la cual está hecha y a la organización de sus partículas.

Material, macroscópicamente: que comprenda que la materia se presenta en la naturaleza como materiales sólidos, líquidos y gaseosos, y pueda identificarlos en el entorno de su vida cotidiana, y microscópicamente: que entienda que estos estados de agregación tienen relación directa con las fuerzas que existen entre las partículas de las cuales está hecho un determinado material (modelo de partículas para sólidos, líquidos y gases).

Sustancia, macroscópicamente: que identifique algunos materiales de su entorno cotidiano y que comprenda que todo lo que puede percibir en la naturaleza está hecho de sustancias químicas que le confieren sus propiedades y características, y microscópicamente: que aprenda a clasificar a las sustancias en simples o compuestas, según el tipo de partículas de que estén hechas.

Sustancia Simple o Elemento, macroscópicamente: que identifique materiales (gaseosos como el hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fluor, cloro y los gases nobles; líquidos como el bromo y el mercurio, y sólidos como los metálicos y no

metálicos) de la tabla periódica y que interprete que estos tienen características y propiedades definidas que se les confiere por la interacción de millones de partículas de la misma especie, y microscópicamente: que pueda clasificarlas en atómicas, moleculares y reticulares según el tipo de partículas de que estén hechas.

Sustancia Compuesta o Compuesto, macroscópicamente: que identifique materiales de uso cotidiano y que interprete que la combinación de dos o más especies químicas distintas forma un nuevo tipo de partículas cuya interacción, con millones de éstas mismas, da lugar a cierto tipo de materiales con características y propiedades definidas, y microscópicamente: que sepa clasificarlas en moleculares y reticulares según el tipo de partículas de que estén hechas.

Mezcla, macroscópicamente: que sepa identificar una mezcla homogénea por el simple hecho de no observar a simple vista sus constituyentes, e identificar una mezcla heterogénea porque en ella sí pueden observarse a simple vista sus constituyentes, y microscópicamente: que sepa diferenciar entre una mezcla homogénea y una heterogénea al determinar el tipo de sustancias involucradas en dicha mezcla y las partículas de las cuales están hechas.

Enlace, macroscópicamente: que sepa identificar, en los materiales de uso cotidiano, los enlaces químicos con los que se fabrican las partículas, de las que están hechos, y microscópicamente: que sepa clasificarlos en iónicos, metálicos y covalentes.

Cambio Físico, macroscópicamente: que sepa que un material ha sufrido un cambio físico cuando experimenta un cambio de estado de agregación, en ambos sentidos, gracias a un intercambio de energía (fusión, solidificación, condensación, evaporación, sublimación, cristalización), y microscópicamente: que sepa interpretar un cambio físico como aquel en el cual la sustancia, de la que está hecho un material, no cambia (métodos de análisis y de síntesis), es decir, como una variación de las fuerzas de interacción entre las partículas, de las cuales está hecho el material.

Cambio Químico, macroscópicamente: que sepa que un material ha sufrido un cambio químico cuando no es posible restaurarlo a sus condiciones originales (combustión, respiración, oxidación de los metales), ni aún con intercambios de energía y microscópicamente: que determine el hecho de que ha ocurrido un cambio químico siempre y cuando la sustancia, de la cual está hecho el material, ha cambiado, con lo que se justifican los métodos de análisis y síntesis para su comprobación.

Átomo, macroscópicamente: que sepa identificar a los gases nobles como aquellos materiales que están hechos de partículas atómicas, y **microscópicamente:** que sepa determinar con la Tabla Periódica y la Tabla Cuántica algunas propiedades y características (número atómico, masa atómica, familia, período, configuración electrónica, modelo de Bohr y modelo de Lewis) de estas partículas llamadas átomos. Para los materiales líquidos y sólidos que sepa que los átomos se encuentran formando estructuras reticulares.

Ión, macroscópicamente: que sepa determinar la presencia de iones provenientes de un material por el simple hecho de que su sustancia conduce la corriente eléctrica y **microscópicamente:** que sepa clasificarlos como partículas cargadas en iones positivos (cationes) y negativos (aniones) provenientes, ya sea, de átomos o de moléculas (reticulares o no).

Molécula, macroscópicamente: que sepa identificar a los gases hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fluor y cloro como aquellos materiales que están hechos de partículas moleculares, al igual que cualquier combinación entre átomos cuyo producto final sea un gas, y **microscópicamente:** que sepa clasificarlas en simples y compuestas. Para los materiales líquidos y sólidos que sepa que las moléculas se encuentran formando estructuras reticulares.

3.5 Propuesta de enseñanza.

Esta formada por la lista de conceptos a construir, habilidades a promover, así como las actitudes y los valores a fomentar. Después, se incluye la propuesta detallada de secuencia de actividades.

3.5.1 Conceptos a construir.

Durante el abordaje de la Unidad-1 (AGUA) de la asignatura de Química-1 el alumno construirá los conceptos de energía, materia, material, sustancia, elemento, compuesto, mezcla, átomo, ión, enlace, molécula, cambio físico, cambio químico y finalmente el de reacción química, principalmente. Existen otros conceptos que también surgen durante el desarrollo de la propuesta de enseñanza de los cuales solo se tomará de ellos lo que se necesite para completar la comprensión de los primeros, que son los que realmente nos interesan, sin que esto quiera decir que no son importantes en la comprensión del concepto de reacción química.

3.5.2 Habilidades a promover.

Las habilidades que se intenta promover en los alumnos son: *COMUNICACIÓN*, con el maestro y con sus compañeros (oral y escrita); *OBSERVACIÓN*, de lo

que sucede en los experimentos realizados en el laboratorio; ANÁLISIS y SÍNTESIS, en la descripción de los cambios que observa; CLASIFICACIÓN y DISCRIMINACIÓN, de información para la elaboración de informes de trabajo de las experiencias realizadas en el laboratorio y en la investigación documental de los conceptos y temas a tratar; sentido CRÍTICO y ABSTRACTO, en la exposición frente a grupo de algún concepto o tema y en la realización de prácticas de laboratorio que promuevan el aprendizaje; ORGANIZACIÓN de sus actividades y conocimientos para el buen cumplimiento en su aprendizaje.

3.5.3 Actitudes y valores a fomentar.

La COOPERACIÓN para desarrollar el trabajo en equipo e individual dentro y fuera del laboratorio.

El RESPETO del trabajo desarrollado por sus compañeros, el propio y el del maestro, así como también de las ideas y las personas.

La HONESTIDAD en la elaboración de sus tareas y trabajos dentro y fuera del laboratorio, así como del entendimiento de los temas y conceptos abordados.

El INTERES por aprender la materia y en general por aprender ciencias.

La **RESPONSABILIDAD** en el cumplimiento de todo el trabajo que demanda la materia.

La **SOLIDARIDAD** con sus compañeros y maestro para obtener un mayor provecho de la materia.

Un **SENTIDO CRÍTICO** en el desarrollo de las actividades dentro y fuera del laboratorio, para reforzar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La **AUTOESTIMA** necesaria para abordar la problemática propia de la materia y la personal.

3.5.4 Secuencia de actividades.

En cada clase frente a grupo se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- a) Pasar lista de asistencia, revisar tareas y dudas de los alumnos antes de iniciar una sesión estarán siempre implícitas en cada clase.
- b) Las sesiones de los viernes donde solo se tiene una hora de clase, serán utilizadas para: presentar una experiencia con la intención de que el alumno escriba en su cuaderno las explicaciones que al respecto tiene, en base a la combinación de las ideas que ya posee y a las que ha adquirido durante el curso (estas actividades las entregarán como un trabajo al final de la unidad), resolver dudas, realizar ejercicios, revisar

bibliografía, pasar alguna película o para realizar alguna otra dinámica que colabore en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.5.4.1 Integración de grupo. (2 hrs.)

1. **ACTIVIDAD** para que los alumnos se presenten, uno por uno en forma aleatoria, comentando su nombre, su edad, donde viven, si vienen de escuela pública o escuela privada, si practican algún deporte o entretenimiento, si ayudan económicamente a su familia, si tienen algún problema para asistir a clases, si le gusta la química o no le gusta y que carrera va a elegir. Esta información estará en las primeras columnas de la lista de asistencia y nos sirve para una mejor ubicación del alumno. Se realizará la ficha correspondiente.
2. **ACTIVIDAD** la fotografía del grupo. Les gusta mucho y sienten ser reconocidos. Sirve también para ubicar mejor a los alumnos porque a veces los rostros se nos olvidan.
3. **ACTIVIDAD** para que el alumno reflexione acerca de su situación actual, respondiendo a las preguntas: ¿Porqué estoy aquí?, para que se ubique y defina sus obligaciones y responsabilidades; ¿Cuáles son mis objetivos al respecto de la materia de química?, para que elabore sus

objetivos; ¿Qué estoy dispuesto a hacer para cumplir con mis objetivos?, para que decida a lo que se compromete en el curso. Estas tres preguntas las responderán en su cuaderno y las leerán, frente al grupo, tal y como las escribieron. Esta hoja se les recogerá y en ella misma se les entregará su calificación al final de la unidad. Antes de responder cada pregunta se les explicará lo que con ella se pretende.

3.5.4.2 Presentación del programa y criterios de evaluación. (2 hrs.)

4. **ACTIVIDAD** para entregar el programa a cada uno de los alumnos y hacer la presentación formal del mismo. Se les dará a los alumnos unos 15 o 20 minutos para que lo lean y se les invitará a que expresen sus comentarios y observaciones de tal forma de que se aclaren dudas al respecto. En esta actividad las explicaciones y comentarios se enfocarán en el Modelo Educativo del Colegio y el enfoque CTS.
5. **ACTIVIDAD** para enlistar los conceptos químicos contenidos en el programa. Cada alumno pasará al pizarrón a escribir el concepto que identifique para formar un colash. Anotan su concepto y lo escriben en el pizarrón.
6. **ACTIVIDAD** para desarrollar un diagrama del contenido conceptual que se pretende abordar con los alumnos y que puede servir como una guía.

Al realizar esta actividad se incluirán los conceptos de sustancia, partícula, cambio físico, material, ión, cambio químico, energía, átomo, molécula, enlace, materia, reacción química, mezcla, compuesto, elemento y se explicará el porqué de la importancia que tiene el buen entendimiento de estos y del resto de los conceptos para poder entender la química. En esta actividad se orientarán las explicaciones y comentarios hacia el enfoque CTS y el Modelo Educativo del Colegio.

7. ACTIVIDAD aplicación de un cuestionario para detectar las ideas previas que tienen los alumnos acerca de los conceptos que se abordarán en el transcurso de la unidad. Esta actividad se la entregarán. Al final de la unidad se aplicará el mismo cuestionario, nuevamente, para determinar si hubo cambios en la comprensión de los conceptos.
8. TAREA para que investiguen las definiciones de los conceptos anteriores.
9. ACTIVIDAD para enlistar las habilidades, actitudes y valores contenidos en el programa. Cada alumno pasará al pizarrón a escribir el concepto que identifique para formar un colash. Anotan su concepto y lo escriben en el pizarrón.

10. **ACTIVIDAD** En esta actividad se elaborará una lista de las habilidades, una lista de los valores y una lista de las actitudes que se pretende fomentar en el alumno y este mismo listado servirá como un formato para una autoevaluación que se revisará periódicamente.
11. **TAREA** para que investiguen el significado de los valores, las habilidades y actitudes enlistadas.
12. **ACTIVIDAD** para establecer los criterios de evaluación del curso. Se evaluarán las tareas, realización de prácticas de laboratorio, informe de las práctica de laboratorio, trabajos de investigación, exposiciones frente a grupo, exámenes, ejercicios en clase, participación, asistencia, puntualidad, cuaderno de trabajo y cumplimiento del material que se les solicite. En esta parte es muy importante que a los alumnos les quede bien claro la forma de trabajo y como deben de hacerse cada una de estas actividades. Los mejores cuadernos de trabajo, al final de la unidad, obtendrán mejor calificación.
13. **ACTIVIDAD** para que me entreguen en una hoja, por escrito, lo que entienden por química.
14. **TAREA** investigar la definición de química.

3.5.4.3 Introducción al estudio de la química. (4 hrs.)

15. PREGUNTA ¿Porqué estudiar química?
16. ACTIVIDAD desarrollo de un colash con las ideas de los alumnos, para su análisis y discusión. Además de entregarme su respuesta en una hoja, por escrito.
17. PELÍCULA "a la orilla del océano cósmico".
18. ACTIVIDAD para llevar a cabo una lluvia de ideas y responder a la pregunta. Con esta actividad se resaltará la importancia que tiene el estudiar química para un alumno del Colegio.
19. ACTIVIDAD para hacer una reflexión acerca de una lectura que habla de la poca importancia, que en estos tiempos, se le ha dado a la cultura química.
20. PREGUNTA ¿Por qué estudiar la química del agua?
21. ACTIVIDAD desarrollo de un colash con las ideas de los alumnos, para su análisis y discusión.
22. PELÍCULA "México, Ciudad de Ciudades"
23. ACTIVIDAD para llevar a cabo una lluvia de ideas y responder a la pregunta. En esta actividad se reflexionará y justificará la temática del agua como tema central de la Unidad-1 de Química-1.

24. ACTIVIDAD Usos del Agua. en esta actividad se hará el enfoque CTS vinculándolo con el Modelo Educativo del Colegio.

25. TAREA investigar como podemos representar los materiales de uso común.

3.5.4.4 El mundo macroscópico, microscópico y simbólico. (2 hrs.)

26. PREGUNTA ¿Dónde está la química del agua?

27. ACTIVIDAD desarrollo de un colash con las ideas de los alumnos, para su análisis y discusión.

28. PELÍCULA "modelos de lo desconocido"

29. ACTIVIDAD para llevar a cabo una lluvia de ideas y responder a la pregunta. Con esta actividad se resaltará la importancia de comprender de lo que están hechos los materiales, es decir de comprender el mundo microscópico que nos rodea.

30. PREGUNTA ¿Cómo podemos representar al agua?

31. ACTIVIDAD para desarrollar un colash con las ideas de los alumnos, para su análisis y discusión.

32. **ACTIVIDAD** En esta actividad se hará énfasis en los alumnos acerca de los niveles de organización de la materia y de los niveles como pueden explicarse y representarse los materiales de nuestro entorno, como el agua, un nivel macroscópico, un nivel microscópico y un nivel simbólico.
33. **ACTIVIDAD** para que el alumno determine diez materiales de uso común en su hogar y proporcione sus explicaciones, macroscópicas y microscópicas, de lo que están hechos . Todo lo que se realice en esta actividad estará encaminado: (a) a explicar que las propiedades y características macroscópicas de los materiales dependen de lo que están hechos dichos materiales en el nivel microscópico, es decir de las sustancias, y b) a introducir a los alumnos en el manejo de los conceptos fundamentales de la química como una herramienta útil para entender y explicar mejor las cosas que nos rodean.
34. **TAREA** investigar las propiedades físicas, generales y específicas, de los materiales.
35. **TAREA** investigar los estados de agregación de la materia y su representación con un modelo de partículas.

3.5.4.5 La materia y los materiales. (2 hrs.)

36. PREGUNTA ¿De cuantas formas se presenta el agua en la naturaleza?
37. ACTIVIDAD para desarrollar un colash con las ideas de los alumnos, para su análisis y discusión.
38. PELÍCULA "los materiales".
39. ACTIVIDAD para llevar a cabo una lluvia de ideas y responder a la pregunta. En esta actividad se hará énfasis en que: (a) hablar de materia es una forma demasiado general de referirnos a los objetos que nos rodean, haciendo referencia a que, casi sin pensarlo, siempre que nos encontramos con algún tipo de materia nos salta la pregunta obligada..... ¿qué material es éste? Se explicará a los alumnos como realmente la materia es el infinito de los materiales, y (b) que casi todo lo que existe en la naturaleza se puede clasificar como materiales sólidos, líquidos y gases.
40. ACTIVIDAD para que el alumno clasifique, por equipo, algunos tipos de materiales de uso común de donde surgirá otra manera de clasificar a la materia, en materiales metálicos y no metálicos. Al mismo tiempo se realizará la reflexión acerca de la posibilidad de que existan en la naturaleza materiales sólidos que pueden ser metálicos o no metálicos,

materiales líquidos que también pueden ser metálicos o no metálicos y materiales gaseosos que solo pueden presentarse como no metálicos.

41. PREGUNTA ¿Cómo podemos representar al agua en los distintos estados de agregación que se encuentra en la naturaleza?
42. ACTIVIDAD desarrollar un colash con las ideas de los alumnos, para su análisis y discusión.
43. ACTIVIDAD se pedirá a los alumnos que traten de determinar, por separado, para el agua sólida, líquida y gaseosa algunas propiedades perceptibles (macroscópicas) y otras no tan perceptibles (microscópicas) e intente explicar, en base a un modelo de partículas, (partículas compactas y con un orden definido, para los sólidos; partículas compactas pero con un cierto orden que permite el deslizamiento de unas sobre otras, para los líquidos, y finalmente partículas compactas sin ningún orden y más bien difusas, para los gases) para los sólidos, para los líquidos y para los gases respectivamente, el comportamiento, las propiedades y características de estos diferentes tipos de materiales. Con esta actividad quedará claro para los alumnos que los materiales tienen propiedades y características macroscópicas que dependen en gran parte de su conformación microscópica, donde

reafirmarán su concepto de partícula y será, también, el primer acercamiento al concepto de estructura de los materiales.

44. TAREA investigar que es una sustancia y en cuantos tipos .se clasifican.

3.5.4.6 Los materiales y las sustancias (2 hrs.)

45. PREGUNTA ¿De qué esta hecha el agua?

46. ACTIVIDAD desarrollar un colash con las ideas de los alumnos, para su análisis y discusión.

47. PELÍCULA "Las sustancias químicas"

48. ACTIVIDAD para llevar a cabo una lluvia de ideas y responder a la pregunta. Lo que se haga en esta actividad será enfocándose al concepto de sustancia como el término químico adecuado para referirse a todo aquello de lo que están constituidos los materiales y que no podemos ver a simple vista.

49. ACTIVIDAD para representar macroscópicamente y microscópicamente, por equipo, distintos tipos de materiales de uso cotidiano, y representar simbólicamente las sustancias que los forman.

50. TAREA investigar, la fórmula, las propiedades y características de algunas de las sustancias de las cuales están hechas los distintos materiales.

51. TAREA investigar a que llamamos compuesto químico.

52. TAREA investigar algunos tipos de moléculas compuestas.

3.5.4.7 Las sustancias compuestas. Las moléculas compuestas Los compuestos químicos. (4 hrs.)

53. PREGUNTA ¿Cuáles son esas partículas de las cuales está hecha el agua?

54. ACTIVIDAD desarrollar un colash con las ideas de los alumnos, para su análisis y discusión.

55. PELÍCULA "el agua"

56. ACTIVIDAD para llevar a cabo una lluvia de ideas y responder a la pregunta. En esta actividad se hará énfasis en un tipo especial de partículas a las que llamamos moléculas compuestas, porque están compuestas por dos o más especies químicas distintas y consecuentemente las sustancias que están hechas de este tipo de

partículas se conocen como sustancias compuestas o comúnmente conocidos como compuestos.

57. ACTIVIDAD para que el alumno identifique, de algunos materiales, primero, la sustancia compuesta de la que está hecha y segundo, represente simbólicamente las moléculas compuestas (partículas) que forman dicha sustancia.

58. TAREA investigar a que llamamos elemento químico.

59. TAREA investigar algunos tipos de moléculas simples.

3.5.4.8 Las sustancias simples. Las moléculas simples. Los elementos químicos. (4 hrs.)

60. PREGUNTA ¿Cuáles son las partículas que se obtienen de la descomposición electrolítica del agua?

61. ACTIVIDAD desarrollar un colash con las ideas de los alumnos, para su análisis y discusión.

62. PRÁCTICA "descomposición electrolítica del agua.

63. ACTIVIDAD para llevar a cabo una lluvia de ideas y responder a la pregunta. En esta actividad se hará énfasis en un tipo especial de

partículas a las que llamamos moléculas simples, porque están hechas de un solo tipo de especie química consecuentemente las sustancias que están hechas de este tipo de partículas se conocen como sustancias simples o comúnmente conocidos como elementos químicos.

64. ACTIVIDAD para que el alumno identifique, de algunos materiales, primero, la sustancia simple de la que está hecha y segundo, represente simbólicamente las moléculas simples (partículas) que forman dicha sustancia.

3.5.4.9 Los átomos. (4 hrs.)

65. PREGUNTA ¿Cuáles son las partículas de las que están hechas las moléculas de agua?

66. ACTIVIDAD desarrollar un colash con las ideas de los alumnos, para su análisis y discusión.

67. PELÍCULA "el átomo"

68. ACTIVIDAD para llevar a cabo una lluvia de ideas y responder a la pregunta.

69. PELÍCULA y/o LECTURA acerca de los antecedentes de la teoría atómica.
70. ACTIVIDAD para que los alumnos ordenen cronológicamente las aportaciones de los filósofos griegos, hasta antes de Dalton, acerca de la teoría atómica. En esta parte se hablará de las dos grandes corrientes filosóficas que predominaban en la antigüedad, la teoría de la continuidad de la materia (Aristóteles) y la de la discontinuidad de la materia (Leucipo y Demócrito).
71. ACTIVIDAD para exposición (10 a 15 minutos), por equipo, acerca de las teorías atómicas (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y Cuántico), enfocándose en los postulados, los experimentos, las aportaciones, el modelo físico y las fallas correspondientes a cada uno de ellos. Al final de las exposiciones se resumirá la información.
72. ACTIVIDAD con algunos ejercicios acerca de cómo se representarían algunos átomos sencillos con los modelos estudiados, explicando las semejanzas y diferencias en cada uno de ellos, y lo práctico o no que sería el utilizarlos para representar los átomos, en esta actividad se hará énfasis en el modelo de Bohr como uno de los modelos más prácticos para representar a los átomos.

73. **ACTIVIDAD** En esta actividad se abordará el tema de la configuración electrónica, enseñando a los alumnos a obtenerla a partir de la Tabla Cuántica, y posteriormente usar la distribución electrónica obtenida para obtener la distribución electrónica en los niveles de energía del modelo de Bohr, es decir, como determinar los electrones correspondientes de cada nivel de energía. Se abordará también, como contar los electrones del último nivel de energía. Se obtendrán las representaciones del modelo de Bohr de los átomos mencionados y se desembocará en el modelo de Lewis como otra de las formas abreviadas para representar a los átomos .
74. **TAREA** para obtener la configuración electrónica de los elementos por Familia y por Período correspondiente.
75. **TAREA** para elaborar una Tabla Periódica solo con el símbolo del elemento y el Número de Período, el Número de Familia o Grupo, el Número Atómico, la Masa Atómica, el Radio Atómico, la Electronegatividad. En la elaboración de estas tablas, se abordarán los temas, como propiedades y/o características que todo átomo posee.
76. **ACTIVIDAD** para abordar un modelo, práctico, de representar a los átomos, el modelo de Lewis.. Se hará énfasis en que solamente para las

familias A, el número de familia nos indica el número de electrones en el último nivel de energía.

77. TAREA para obtener la representación de Lewis de los elementos, por Familia y Período correspondiente.

78. ACTIVIDAD para determinar como las únicas sustancias simples que están hechas de átomos son los gases nobles. En esta actividad, a manera de resumen, se hará énfasis en las sustancias compuestas, que están hechas de moléculas compuestas (compuestos químicos), y en las sustancias simples (elementos químicos), que están hechas de moléculas simples o de átomos.

3.5.4.10 Los cambios físicos y los cambios químicos. (8 hrs.)

79. PREGUNTA ¿Cuáles son los cambios físicos y los cambios químicos que le pueden ocurrir al agua?

80. ACTIVIDAD para que en el pizarrón se hagan dos columnas, una con los cambios físicos y otra con los cambios químicos que cada alumno, respectivamente, escriba según lo considere. Trabajo en grupo.

81. PREGUNTA ¿Cuál es la razón por la cual decimos que estos cambios son físicos o químicos?

82. ACTIVIDAD para que el alumno determine las causas por las cuales considera que los cambios enlistados son físicos o químicos.. Trabajo individual.
83. ACTIVIDAD para que, en equipo, los alumnos lleven a cabo los cambios físicos que enlistaron.
84. PREGUNTA Si estamos hablando de cambios, entonces, **¿Qué cambia o qué no cambia en los cambios físicos?**
85. ACTIVIDAD para que se llegue a la conclusión de que en un cambio físico, no cambia la sustancia de la cual están hechos los materiales.
86. ACTIVIDAD para que, en equipo, los alumnos lleven a cabo los cambios químicos que enlistaron.
87. PREGUNTA Si estamos hablando de cambios, entonces, **¿Qué cambia o qué no cambia en los cambios químicos?**
88. ACTIVIDAD para que se llegue a la conclusión de que en un cambio químico, lo que cambia es la sustancia de la cual están hechos los materiales.
89. ACTIVIDAD para hacer un resumen y obtener una conclusión general de la diferencia entre un cambio físico y un cambio químico, encaminada básicamente a que independientemente de lo que observamos y/o

percibimos la diferencia la encontramos en el mundo microscópico y es el determinar si la sustancia ha cambiado (cambio químico) o no ha cambiado (cambio físico) lo cual justifica el estudio de la química y de sus conceptos fundamentales para comprender y explicar mejor el mundo que nos rodea.

90. TAREA investigar como se puede representar la reacción química de síntesis del agua.

3.5.4 11 La reacción química. (4 hrs.)

91. TAREA traer goggles y bata para trabajo de laboratorio.

92. EXPERIMENTO para que los alumnos, por equipo, realicen la reacción de síntesis del agua. Se les pedirá que anoten todo, absolutamente todo, lo que observen y perciban. Para esta actividad se apoyará a cada equipo hasta el momento en que hagan su demostración.

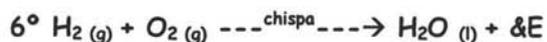
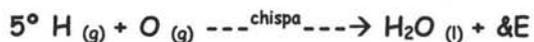
93. ACTIVIDAD para establecer la ecuación química que representa la reacción química que se ha llevado a cabo. En esta actividad, mediante un razonamiento deductivo, se llegará a establecer una ecuación química correcta para la reacción de síntesis del agua.

1° Hidrógeno combinado con Oxígeno produce Agua

2° Hidrógeno gaseoso combinado con Oxígeno gaseoso produce Agua líquida

3° Hidrógeno gaseoso combinado con Oxígeno gaseoso y una chispa produce Agua líquida

4° Hidrógeno gaseoso combinado con Oxígeno gaseoso, y una chispa, produce Agua líquida, fuego, calor y una explosión



3.5.4.12 La molécula del agua. (2 hrs.)

94. PREGUNTA ¿Cómo se combinan los átomos para formar la molécula del agua?

95. ACTIVIDAD para que:

1.- En base a la Tabla de Clasificación Periódica de los Elementos, obtengamos para el H y el O:

- Su Masa Atómica, con las unidades correspondientes. Aquí se relacionará la cantidad de sustancia con el mol.

- b. La Familia a la cual pertenece y al mismo tiempo deduciendo por el número de familia los electrones que tiene en su último nivel de energía. Aquí se hará la aclaración de que esto solo es válido para las Familias o Grupos A.
- c. El Periodo al cual pertenece y al mismo tiempo deduciendo el número de niveles de energía que tiene según el Periodo en que se encuentra clasificado.
- d. Si es un sólido, un líquido o un gas. Aquí se hará la aclaración de que todos los gases, excepto los gases nobles, forman moléculas.

96. TAREA. Para que realice cinco esqueletos de la Tabla Periódica y localice en ellos, respectivamente, los sólidos los líquidos, los gases, los metales y los no metales

- e. Si es un Metal o No Metal, se hará la aclaración de que a pesar de que el hidrógeno es un No Metal, un gas, forma iones positivos que se llaman cationes debido a que está clasificado en la Familia IA de los Metales Alcalinos, es decir que su comportamiento químico frente a otras especies químicas es similar al de los metales. y para el caso del oxígeno que es un No Metal se deducirá que forma iones negativos que se llaman aniones Aquí se hará la

aclaración de que los Metales forman iones positivos que se llaman cationes y los No Metales forman iones negativos que se llaman aniones. Aquí se relacionará la formación de iones con la capacidad de un átomo para ceder o aceptar electrones, desembocando en el concepto de electronegatividad y el de valencia.

97. TAREA para obtener los principales iones de los elementos metálicos y no metálicos.

2.- En base a la Tabla de Clasificación Cuántica de los Elementos, obtengamos para el H y el O:

- a. Su configuración electrónica semi desarrollada
- b. Su configuración electrónica desarrollada.
- c. Su representación según el modelo atómico de Bohr
- d. Su representación según el modelo de Lewis
- e. Su fórmula estructural
- f. Su fórmula molecular

98. TAREA para que el alumno desarrolle, lo mismo que se hizo para el hidrógeno y oxígeno, pero ahora solo para cada uno del resto de los

gases que se encuentran en la tabla periódica (H, N, O, F, Cl y los gases nobles). Al revisar dicha tarea se hará evidente que los gases nobles no forman moléculas y que son las únicas especies químicas que particularmente son atómicas.

99. ACTIVIDAD para que:

- 1) Se obtengan los iones respectivos para los átomos de hidrógeno y oxígeno, de los que tanto hemos hablado anteriormente, a partir de las moléculas neutras (energía de activación)
- 2) Se establecerá una ecuación iónica para representar la combinación del hidrógeno y el oxígeno iónicos, lo que serían los reactivos
- 3) Con un modelo de fichas complementarias se realizará la neutralización de cargas (energía), de tal manera de obtener especies químicas neutras
- 4) Se determinará el producto de la ecuación iónica según la proporción que se halla obtenido en el modelo de fichas complementarias
- 5) Con el nombre de los iones, catión y anión, se obtendrá el nombre correcto de la especie química formada
- 6) Finalmente, se calculará la masa molecular de la especie química formada, con todo y unidades.

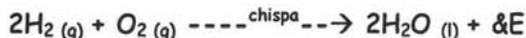
100. TAREA para que el alumno elabore una lista de los iones más comunes tanto positivos, cationes, como negativos, aniones, y realice ejercicios para que domine este modelo de aprendizaje.

101. ACTIVIDAD, para hacer cumplir la ley de conservación de la materia (masa).

i....Que mejor pretexto para abordar el tema de balanceo de ecuaciones químicas....!

1.- ¿Cómo queda, finalmente, expresada la ecuación química que representa la reacción química de síntesis del agua, ya balanceada?

a) Balanceo por el método de tanteo



3.6 Resultados provisionales de su aplicación

De manera comparativa y en forma cualitativa describimos a continuación algunos aspectos que nos parecen relevantes al aplicar esta propuesta.

1.- Al preguntar a los alumnos: ¿Le gusta la química?, y que contestaran solo si o no y porqué:

Antes (al inicio de la unidad), poco menos de la mitad de los alumnos expresaron que no les gusta la química porque no le entienden, es difícil, es

aburrida, porque tienen que memorizar muchas cosas, porque sus maestros no se las han explicado bien, porque sus maestros no dan bien la clase y por lo mismo se les hace muy complicada, si por ellos fuera no escogerían esta materia, etc. De los alumnos que expresaron que la química si les gustaba, en su mayoría argumentaban que porque era interesante, porque les atrae, porque les llama la atención, porque les sirve para su carrera, porque les gusta hacer prácticas, porque está relacionada con la vida, porque les interesa saber de lo que están hechas las cosas, porque es una materia básica, etc.

Después (al final de la unidad), la mayoría expresa que de esta forma no se les ha hecho tan pesada la materia y que si se las hubieran explicado así no hubieran tenido tantos problemas con la materia en la secundaria, algunos expresan que hasta es más fácil que la física. De los poquísimos que dijeron que no les gusta la química porque ya están seguros de lo que van a estudiar y que no es precisamente la química, expresan que sí gustarían saber más de la química aunque no precisamente como si fuera la carrera que piensan elegir sino más bien como algo extra porque les ayudaría en su superación personal.

2.- Al preguntar a los alumnos: ¿Qué es lo que más se le dificulta de la química?:

Antes (al inicio de la unidad), a) las fórmulas químicas (no saben el porqué de los subíndices y las proporciones), b) la nomenclatura (de los compuestos, ácidos y bases, no diferencian los nombres comunes de los nombres por nomenclatura), c) los enlaces (no saben porqué hay combinación entre ciertas especies y entre otras no), d) las mezclas (las confunden con compuestos y sustancias puras), e) las reacciones químicas (no se percatan del cambio en las sustancias reactivas y se confunden con la forma en que se clasifican), f) la simbología (confunden símbolos y nombres), g) la valencia (no saben su significado ni para que sirve), h) las ecuaciones químicas (no las saben leer, i) los elementos (los confunden con átomos y mezclas), j) la tabla periódica (no la saben leer), k) la oxidación (no saben que significa), l) la reducción (no saben que significa), m) el balanceo, de fórmulas y ecuaciones (no entienden nada), n) las combinaciones (no comprenden ni entre quién es posible ni cuando es probable), o) la química orgánica (de plano les cuesta mucho trabajo entenderla). No figuran: Energía, Materia, Material, Sustancia, Cambio físico, Cambio químico, Sustancia Simple (aparece como Elemento), Sustancia Compuesta (aparece como compuesto), Átomo, Molécula, Ión.

Después (al final de la unidad), el nivel introductorio en todos los puntos anteriores, para la gran mayoría de los alumnos, podemos decir que tuvo un nivel de aprendizaje satisfactorio por varias razones:

- 1.- Pudieron pasar del mundo macroscópico al mundo microscópico y viceversa, según sus necesidades, para explicar los cambios que ocurren a su alrededor.
- 2.- Comprendieron la conveniencia de ir de lo macro a lo micro para comprender mejor el estudio de la química.
- 3.- Entendieron que el lenguaje químico es específico.
- 4.- Aprendieron que el concepto de sustancia es el eslabón perdido entre el mundo que pueden percibir y el microscópico,
- 5.- Pudieron manejar la simbología química necesaria de la tabla periódica y cuántica como herramientas de trabajo y no como algo que tienen que memorizar.
- 6.- Aprendieron a representar a la materia como materiales, como sustancia y como partícula.
- 7.- Los conceptos fundamentales propuestos, todos, quedaron incluidos en la temática y pudieron ser utilizados por los alumnos en sus explicaciones.
- 8.- Entienden la utilización del lenguaje químico, y lo usan, en las explicaciones de los cambios que perciben.

9.- Aprendieron a utilizar los conceptos fundamentales propuestos y sus interrelaciones.

10.- Comprendieron que no hay una secuencia única para comprender los conceptos químicos sino más bien una interrelación de los mismos y de sus niveles de comprensión.

CAPITULO 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones

Nuestro estudio pretende ayudar al progreso de las ideas de los alumnos sobre el concepto de cambio químico como plataforma fundamental para introducirlo en el concepto de reacción química. Consideramos útil hacer la distinción entre cambio químico y cambio físico, porque ayuda al alumno en el desarrollo de sus ideas químicas y lo ubica en el tipo de cambios a que se refiere el estudio de la química. De otra forma no tiene ningún sentido estar llevando a cabo, en el laboratorio, reacciones químicas si el alumno ni siquiera puede definir si se trata de cambios físicos o cambios químicos, y en el mejor de los casos, ya que definió el cambio como químico, no pueda proporcionar las explicaciones microscópicas que requiere tal diferencia.

En particular encontramos dos aspectos importantes a incluir en la enseñanza para distinguir cambio químico y cambio físico: 1) la comprensión del concepto de sustancia es fundamental y, por lo tanto, debe ser enseñado previamente, y 2) la comprensión conceptual del cambio químico requiere de una visión microscópica, sin la cual los estudiantes no alcanzan el punto de vista científico.

Recomendamos:

- a) Realizar un balance entre experiencias cotidianas y de laboratorio con énfasis en la observación, discusión, explicación, análisis, etc. para favorecer la secuencia en la comprensión conceptual de la temática.
- b) Avanzar de lo macroscópico a lo microscópico en la representación de los cambios que ocurren en la naturaleza.
- c) Cuando alguna explicación requiera de algún conocimiento, de mayor complejidad, que todavía no se ha abordado, recomendamos no profundizar en el mismo y solamente usar lo que convenga, como herramienta, para poder entender la explicación en cuestión.
- d) Puntualizar y hacer énfasis en el lenguaje, tanto simbólico como literal, que se va usando a lo largo de la secuencia de actividades.
- e) Jerarquizar, en lo más posible, el contenido conceptual.
- f) Secuenciar, en lo más posible, las explicaciones.
- g) Cuando en alguna actividad se programe una película, ésta debe ser de treinta minutos máximo.
- h) Cuando en alguna actividad se programe un texto a leer, para obtener opiniones de los alumnos acerca de un concepto o tema, éste debe ser de tres cuartillas máximo.

i) Si se programa como actividad la lectura de un texto largo, para obtener información específica acerca de un concepto o tema, debe indicarse lo que queremos obtener del texto.

j) Privilegiar el trabajo en clase.

k) Promover el trabajo en equipo, principalmente el que se hace en clase.

l) Las actividades en clase deben ser de lo sencillo a lo complicado.

m) Las actividades que se dejan de tarea, ejercicios deben ser de las de menor grado de dificultad para que el alumno las pueda resolver y reafirme sus conocimientos.

4.2 Recomendaciones para trabajos futuros

Este trabajo plantea una propuesta de enseñanza introductoria del concepto reacción química en el nivel bachillerato al distinguir cambio químico y físico vía experimentos sencillos seleccionados por el profesor y comentados en clase por alumnos y profesor. Para enriquecer esta propuesta se recomienda:

i) Tomar en cuenta los ejemplos que a los alumnos les interesen, para que las actividades sean más motivadoras.

ii) Realizar una optimización de los experimentos seleccionados en la propuesta, para favorecer explicaciones iniciales sencillas de, los alumnos, que se vayan volviendo más complejas en la medida en que aprendan más.

iii) Seleccionar actividades de evaluación y autoevaluación que les permitan, a los alumnos, aplicar lo aprendido y, al maestro, regular su nivel de aprendizaje del tema a lo largo de la propuesta. Estas actividades pueden ser tipo ejercicios en clase, experimentos caseros, etc.

iv) Investigar estrategias de enseñanza para los conceptos: materia, material y sustancia, que deben ser enseñados previamente, para poder distinguir apropiadamente los cambios químico y físico.

v) Investigar estrategias de enseñanza para los conceptos: partícula, átomo, molécula e ión, que se necesitan para explicar, desde el punto de vista microscópico, los cambios químico y físico.

BIBLIOGRAFIA

- Ahtee M & Varjola I "Students Understanding of Chemical Reaction"
International Journal of Science Education 20 (3) 305-316 (1998).
- Barker V "Chemical Concepts (Introducing Chemical Reactions)" Education in
Chemistry 38 (6) 147 (2001).
- Borsese A & Esteban S "Los Cambios de la Materia, ¿deben presentarse
Diferenciados en Químicos y Físicos?" Alambique. Didáctica de las
Ciencias Experimentales # 17 pp 85-92 (1998)
- Brosnan T "When is a Chemical Change not a Chemical Change" Education in
Chemistry 36 (2) 56 (1999).
- Caamaño, A. "La Enseñanza y el Aprendizaje de la Química" en Jiménez
Aleixandre MP (coord.) Enseñar Ciencias Capitulo 9, pp 203-240 España,
Ed. Grao (2003).
- CAB Consejo Académico del Bachillerato "Núcleo de Conocimientos y Formación
Básicos que debe proporcionar el bachillerato de la UNAM" UNAM, D.F.,
México (2000).
- CCH "Perfil de Egreso del Alumno del Bachillerato del Colegio (Plan de Estudios
Actualizado)" CCH, UNAM, D.F., México (1996)

- CCH-UACB (Unidad Académica del Ciclo de Bachillerato) "Programas de Estudio para las Asignaturas Química I y II" CCH, UNAM, D.F., México (1996).
- Dronsfield A "A Change is as Good as..." *Education in Chemistry* 39 (5) 122 (2002).
- Driver R, Squires A, Rushworth P, Wood-Robinson V Dando Sentido a la Ciencia en Secundaria: Investigaciones sobre las Ideas de los Niños Capítulo 10. Cambio Químico. pp 119-126 Madrid, España, Visor (1999).
- Furio C, Azcona R, Guisasola J, Domínguez C "La Enseñanza y el Aprendizaje del Conocimiento Químico" en Perales Palacios FJ, Cañal de Leon P Didáctica de las Ciencias Experimentales Capítulo 18, pp 421-448 España, Ed. Marfil (2000).
- Gabel, D. "The Complexity of Chemistry and Implications for Teaching" in: B.J. Fraser & K.G. Tobin (Eds) International Handbook of Science Education pp 233-248 Dordrecht, Kluwer (1998).
- Garritz, A. "Una Propuesta de Estándares Nacionales para la Educación Científica en el Bachillerato" *Revista Ciencia* 49 (1) pp 27-34 marzo (1998).

- Gillespie RJ "The Great Ideas of Chemistry" *Journal of Chemical Education* 74 (7) 862-864 (1997).
- Glasser L "Redundant Change" *Education in Chemistry* 39 (2) 39 (2002).
- Goodwin A "Is Salt Melting When It Dissolves in Water?" *Journal of Chemical Education* 79 (3) 393-396 (2002).
- Holman, J. "All you Need to Know About Chemistry" *Education in Chemistry* 38 (1) 10-11 (2001).
- Jensen WB "Logic, History, and the Chemistry Textbook II. Can We Unmuddle the Chemistry Textbook?" *Journal of Chemical Education* 75 (7) 817-828 (1998)
- Johnson P "Children's Understanding of Substances, Part 2: Explaining Chemical Change" *International Journal of Science Education* 24 (10) 1037-1054 (2002).
- Johnson P "Children's Understanding of Substances, Part 1: Recognizing Chemical Change" *International Journal of Science Education* 22 (7) 719- 737 (2000).
- Johnstone, A. H. "The Development of Chemistry Teaching" *Journal of Chemical Education* 70 (9) 701-705 (1993)

- Johnstone AH "Teaching of Chemistry - Logical or Psychological? Chemistry Education: Research and Practice in Europe 1 (1) 9-15 (2000)
- Lehn, J. M. "La Enseñanza de la Química" Revista Investigación y Ciencia Agosto pp 21-22(1996).
- Reynolds Y, Brosnan T "Understanding Physical and Chemical Change: The Role of Speculation" School Science Review 81 (296) 61-66 (2000).
- Rojano Rodríguez, R. & Pinelo y Baqueriza, L. "Guía para el Profesor de Química I" CCH, UNAM, D.F., México (1996).
- SEP (Subsecretaría de Planeación y Coordinación) "Perfil de la educación en México" 3ª edición, SEP, D.F., Mexico (2000).
- SEP "Programa Nacional de Educación 2001 2006" Primera edición, SEP, D.F., Mexico (2001).
- Stavridou H & Solomonidou C "Conceptual Reorganization and the Construction of the Chemical Reaction Concept during Secondary Education" International Journal of Science Education 20 (2) 205-221 (1998).
- UNAM (Dirección General de Estadística) "Memoria UNAM 2000" UNAM, D.F., México (2000).
- UNAM (Dirección General de Estadística) "Agenda estadística 2002" UNAM, D.F.,