

DEPARTAMENT DE DIDÀCTICA DE LES CIÈNCIES
EXPERIMENTALS

LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE EQUILIBRIO
QUÍMICO. ANÁLISIS DE LAS DIFICULTADES Y
ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA SUPERARLAS

HERNANDO MONCALEANO RODRÍGUEZ

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
Servei de Publicacions
2008

Aquesta Tesi Doctoral va ser presentada a València el dia 10 de juliol de 2008 davant un tribunal format per:

- D. Esteban de Manuel Torres
- D. Constancio Aguirre Pérez
- D. Jordi Solbes Matarredona
- D. Jenaro Guisasola Aranzabal
- D. Javier García Gómez

Va ser dirigida per:

D. Carles Furió Mas

D. Juan Hernández Pérez

©Copyright: Servei de Publicacions
Hernando Moncaleano Rodríguez

Depòsit legal:

I.S.B.N.: 978-84-370-7228-9

Edita: Universitat de València
Servei de Publicacions
C/ Artes Gráficas, 13 bajo
46010 València
Spain
Telèfon: 963864115

UNIVERSIDAD DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS
EXPERIMENTALES Y SOCIALES



LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE EQUILIBRIO QUÍMICO.
ANÁLISIS DE LAS DIFICULTADES Y
ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA SUPERARLAS

TESIS DOCTORAL

Presentada por:
Hernando Moncaleano Rodríguez

Directores:
Dr. Carlos Furió Más
Dr. Juan Hernández Pérez

VALENCIA, 2007

**AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS PARA SU
PRESENTACIÓN**

Dr. Carlos José Furió Más

Dr. Juan Hernández Pérez

Como Directores de la Tesis Doctoral **La enseñanza del concepto de equilibrio químico. Análisis de las dificultades y estrategias didácticas para superarlas.**

Realizada en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales por el

Doctorando D. Hernando Moncaleano Rodríguez, autorizamos la presentación de

la citada Tesis Doctoral, dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

En Valencia a 27 de Diciembre de 2007

LOS DIRECTORES DE LA TESIS

Fdo. _____

CARLOS J. FURIÓ MÁS

Fdo. _____

JUAN HERNÁNDEZ PÉREZ

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Universidad de Valencia

C/ Alcalde Reig, 8

46006 VALENCIA

AGRADECIMIENTOS

La realización del presente trabajo ha sido posible gracias a la colaboración desinteresada y entusiasta de muchas personas. Deseo expresar a todas ellas mi más sincero agradecimiento y de una manera especial:

Al Dr. Carlos J. Furió Más, Director de este trabajo, cuya realización solo ha sido posible gracias a su orientación, colaboración y apoyo a lo largo de todo este tiempo así como también por participarme de sus valiosas enseñanzas en el campo de la Didáctica de las Ciencias.

Al Dr. Juan Hernández Pérez, Director de este trabajo, por sus enseñanzas, dirección, apoyo y colaboración en la realización de las aplicaciones.

A todos los profesores y personal administrativo del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de Valencia que me brindaron sus enseñanzas y colaboración.

Al profesor Vicente Vivó del IES Juan de Garay y a la Dra. Maria Luisa Calatayud del IES Sorolla por facilitarme la aplicación de los instrumentos de observación a los estudiantes.

A la Universidad Industrial de Santander por concederme la comisión de estudios para realizar el doctorado.

A los profesores de la Escuela de Química de la Universidad Industrial de Santander que me brindaron su apoyo y colaboración durante el tiempo que estuve en comisión de estudios, en la puesta en práctica del programa de actividades y en la contestación de cuestionarios.

A los estudiantes de la Universidad Industrial de Santander que participaron en la puesta en práctica del programa de actividades y en la contestación de los cuestionarios.

A los distinguidos miembros del tribunal por su valioso tiempo dedicado a la evaluación del presente trabajo.

A mis hermanos Irma, Astrid, Mirio, Hoover, Iván, Jairo, Luz Ángela, Gloria Ilse y Eduardo, por su permanente afecto y constante apoyo en todo lo que tuvo que ver con la realización del presente trabajo.

Finalmente a Ruby, mi esposa, por su entusiasta y afectuoso apoyo, factor fundamental para hoy alcanzar la culminación de esta meta.

INTRODUCCIÓN

Como es apenas lógico en la comunidad docente siempre ha habido profesores, investigadores y administradores cuestionando la calidad del proceso educativo y no pocas veces las causas han estado centradas en el comportamiento de los alumnos y en las prácticas docentes. Esta inquietud siempre ha generado la aparición de pioneros, líderes de movimientos que han buscado la conformación de colectivos de pensamiento unidos por el afán de encontrar mejores estrategias para cambiar la situación percibida y cuestionada.

Por ello, los innovadores de todo momento han tomado como punto de partida los aspectos mejorables para iniciar la búsqueda, diseñar y ejecutar sus propuestas. Por ejemplo, encontramos que “Juan Amós Comenio en el siglo XVII proponía una reforma educativa que estaba íntimamente ligada a una renovación moral, política y cristiana de la humanidad. Su método pedagógico tenía como base los procesos naturales del aprendizaje: la inducción, la observación personal, los sentidos y la razón. Parte de su propuesta pedagógica era eliminar totalmente la violencia del proceso educativo, además exigió con firmeza que la educación primaria fuera obligatoria. Le costó un gran trabajo cambiar los métodos tradicionales basados en el uso de golpes y violencia. El maestro según Comenio debía conocer primero las cosas que enseñaba. Además, debía aprender que no debe avanzar mientras los conocimientos básicos no estén firmes en la mente del alumno. La docencia para Comenio era el oficio más noble entre todos. Dado el contexto bélico en el cual vivió, uno de los ideales más importantes para Comenio era la paz”, (Frantisek Kosík, 1996).

Hoy al igual que hace cuatro siglos aceptamos que al maestro de todos los ámbitos, comprometido y responsable de su misión mediadora, le corresponde buscar en la acción investigativa, los mejores caminos para conocer, comprender y transformar su propia práctica docente y, que aunque esta tarea es individual la

fuerza de las concepciones, la reflexión y la efectividad de la investigación, se encuentra en el seno de una comunidad de investigadores unidos a través de redes de comunicación escrita y oral.

Investigar en Enseñanza de las Ciencias es un reto muy importante para los docentes universitarios preocupados por lograr una mejor calidad del proceso educativo y en él un egresado formado integralmente. Significa unir la acción docente con la acción investigativa para conseguir la transformación deseada con la aplicación de los resultados obtenidos en la investigación, en este caso particular en la didáctica de las Ciencias.

Con ese propósito en esta investigación nos propusimos recorrer un camino por muchos transitado buscando nuevas ideas, nuevas interpretaciones y sobre todo respuestas que nos permitan consolidar estrategias con las cuales contrarrestar las dificultades que encontramos en los estudiantes que bajo nuestra orientación viven un proceso de aprendizaje en Química General. Procurando utilizar siempre que fuera posible un estilo narrativo en el que se conjugaran las interpretaciones de la literatura consultada con las percepciones y las experiencias personales como docentes universitarios.

Porque “la preocupación por la transformación de la práctica docente” puede ser la fuerza impulsora que mueva a la renovación de la vida universitaria, la oportunidad a la que aludía Karl Jasper (1945) cuando decía: "El futuro de nuestras universidades con tal de que les sea concedida una oportunidad, reside en la renovación de su espíritu originario. Éste que, desde hacía medio siglo, iba declinando despacio, en los últimos decayó más profundamente... Ahora es el momento en el cual los docentes y los estudiantes se ven obligados a reflexionar sobre su modo de obrar (y pensar)".

Con estas expectativas hemos querido emprender una nueva experiencia que nos permita obtener los elementos necesarios para empezar a andar el camino por el cual se construya una forma de vida como docentes, para emprender un camino

sin regreso en la búsqueda permanente de la calidad del proceso educativo, hallando el punto del encuentro en el aula conformada en el espacio donde ocurren las relaciones, reconociendo que nuestro sitio de profesores nos compromete con la doble función de enseñantes y aprendices, nos compromete con la calidad educativa, tal como se lee en uno de los preámbulos de la LRU (Ley de Reforma Universitaria) que dice “esta ley pretende establecer un marco para la renovación de la vida académica, pero lo definitivo en última instancia será la acción transformadora que emprendan las propias universidades.” A la comunidad universitaria pertenecen muchas personas con responsabilidades atribuidas para contribuir al logro de la Misión Educativa, pero es a los profesores a quienes se atribuye el protagonismo en la educación, con una diversidad de tareas, unas explícitas, otras implícitas, que van desde orientar las relaciones en el aula para desarrollar las competencias propuestas, hasta la preocupación porque la impresora funcione correctamente.

EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN: CONTENIDO DE ESTE INFORME

Esta investigación da continuidad a la realizada como requisito para obtener la Suficiencia Investigadora, cuyo objetivo general fue particularizar algunas dificultades de aprendizaje del concepto de equilibrio químico con estudiantes de COU (Curso de orientación universitaria) de Valencia.

Con este estudio de las dificultades del aprendizaje del concepto de equilibrio químico encontramos que están relacionadas entre sí, lo cual en gran parte facilita su estudio y comprensión. También hay que tener en cuenta que estas dificultades están determinadas por la forma en que el alumno organiza sus conocimientos y por eso la comprensión de los conceptos implica superar las restricciones que imponen las teorías implícitas que poseen los alumnos.

También como antecedente a esta investigación es necesario hacer notar que durante dos años se replicó esta investigación con estudiantes de segundo semestre del ciclo básico de ingeniería en la Universidad Industrial de Santander de Bucaramanga, Colombia, encontrando resultados muy similares que ponían en evidencia la presencia de estas dificultades.

En el camino seguido para desarrollar los capítulos teóricos hemos tenido como compañeros de ruta a los docentes investigadores del departamento de Didáctica de las Ciencias experimentales y Sociales de la Universidad de Valencia y con ellos a los numerosos autores que fundamentan no sólo sus investigaciones sino los marcos de referencia de los cursos orientados en el programa de doctorado, poniéndonos siempre en un figurado diálogo con los autores que hemos elegido para apoyar nuestros cuestionamientos, discusiones y propuestas.

Este informe está estructurado sobre el proceso investigativo desde el planteamiento del problema, enunciado de hipótesis, fundamentación teórica, diseño de investigación práctica investigativa hasta la presentación de resultados, conclusiones y recomendaciones.

A continuación se hace una breve descripción de los capítulos que componen este informe:

Capítulo Uno: Planteamiento del problema

En este capítulo presentamos una visión sobre las dificultades en el aprendizaje de la Química General en particular del concepto de equilibrio químico, como una situación problema generada por diferentes factores que se consideran.

Las dificultades en el aprendizaje de la química están directamente relacionadas con los procesos básicos en la educación formal, por esta razón la fundamentación teórica como contexto de esta investigación se organiza para fundamentar las hipótesis de investigación teniendo en cuenta los resultados de la investigación en

didáctica de las ciencias. Para proporcionar la motivación y dirección necesarias, así como, un control y orientación eficaces y para evaluar del mismo modo los logros de la actividad de aprender, el maestro debe comprender las leyes básicas y principios que explican cómo aprenden los estudiantes (Kelly, 1982). Por ello, y para poner a nuestra disposición en los momentos de la indagación, el análisis, síntesis y valoración se engloban en el siguiente capítulo algunas ideas provenientes fundamentalmente de la Psicología del Aprendizaje y la Didáctica de las Ciencias

Además, se ha querido dar a nuestras afirmaciones en las conclusiones y recomendaciones, respaldo en una fundamentación teórica reconocida y una investigación experiencial considerable por el trabajo de los autores y también el de otros profesores preocupados por similares situaciones, tal como se presenta en el apartado siguiente.

Capítulo Dos: Fundamentación teórica de las hipótesis de investigación

Como se enunció este capítulo está dedicado a la presentación y discusión de principios teóricos que consideramos pueden servir de apoyo y fundamentación al proceso investigativo, para encontrar las dificultades, relacionarlas con las carencias docentes y sobre todo para experimentar con nuevas estrategias en la búsqueda de aprendizajes más significativos que hagan viable la formación integral. Por ello, consideramos que “un mejor conocimiento del funcionamiento del aprendizaje como proceso psicológico puede ayudarnos a comprender mejor, y tal vez a superar algunas de esas dificultades, adaptando las actividades de instrucción a los recursos, capacidades y disposiciones, siempre limitados, tanto de quien aprende como de quien tiene que enseñar, es decir, ayudar a otros a aprender” (Pozo, 1999a).

Si bien, conocer las teorías del aprendizaje no es desde luego una condición suficiente para mejorar la enseñanza, en este capítulo se reconoce la importancia que los fundamentos psicológicos tienen para los profesores en el momento de

diseñar el estilo pedagógico, que contextualiza las acciones encaminadas a orientar el aprendizaje y en general la formación integral de los estudiantes. Es necesario estudiar para reflexionar, para dar sentido a lo que hacemos, para comprender que la explicación y recepción para lograr el aprendizaje no debe dejarse encasillar como aprendizaje repetitivo, memorístico, etc. Pero, también para tener en cuenta que esa explicación como mediación debe estar contextualizada en ciertas condiciones que posibilitan el camino hacia el aprendizaje significativo y, que todos los aprendizajes por descubrimiento no son significativos (Ausubel et al, 1993; Pozo, 1999; Moreira, 2000).

En primera instancia buscamos algunos elementos teóricos para responder a la pregunta de cómo aprendemos, en el estudio de los modelos, del aprendizaje significativo, de las ideas previas, la motivación y el aporte de los libros de texto. Un breve paso por planteamientos específicos nos permite tener una visión un poco más clara de cómo se aprende en Ciencias, cómo se vive el proceso constructivo en Ciencias experimentales y particularmente en Química.

La reflexión sobre el objeto de estudio en Ciencias toca los campos de los conocimientos, los conceptos, los procedimientos, las actitudes, los valores o sea del dominio afectivo con el deseo de encontrar argumentos para explicar los resultados obtenidos en la verificación de las hipótesis.

Con un breve análisis histórico y epistemológico de los problemas en la conceptualización del equilibrio químico intentamos obtener elementos de juicio para comprender y diseñar estrategias que nos permitan trascender la complejidad del aprendizaje del equilibrio químico.

A continuación se presentan algunas consideraciones desde la didáctica de las Ciencias en las cuales se tiene en cuenta la importancia de las ideas previas y los principios del aprender a aprender Ciencias para ver el aprendizaje como un proceso constructivo en las Ciencias experimentales.

Más adelante y con el propósito de invitar a la reflexión se configura una pequeña discusión sobre los aspectos que no son tenidos en cuenta al orientar el aprendizaje y sobre lo que deben saber y saber hacer los profesores de Ciencias, con el propósito de respaldar el cambio en la intervención docente.

Finalmente para respaldar el trabajo experimental realizado para comprobar la segunda hipótesis se elabora un marco teórico sobre el programa guía de actividades y la resolución de problemas que se usan en el marco de la investigación orientada como estrategias que contribuyen al aprendizaje significativo al estudiar el concepto de equilibrio químico.

Capítulo Tres: Contrastación de la primera hipótesis

En este capítulo se consolida la relación teoría-práctica en la acción investigativa propiamente dicha, para llevar adelante una indagación activa dentro del contexto de la propia clase. Ya que la investigación en didáctica tiene su objeto en la complejidad de las actividades relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje, y su objetivo es elaborar conocimiento sistemático de esta realidad con la intención de poder intervenir de manera fundamentada para mejorarla (Camps, 2001).

En el primer apartado, se presenta el diseño de investigación donde con una visión resumida del problema y particularizada de la primera hipótesis se contextualiza y estructura la acción con base en los objetivos de investigación y las hipótesis que se generan en las dificultades de aprendizaje detectadas en la investigación anterior. En esta intervención se realiza como primera acción la verificación de la persistencia de las dificultades halladas en la investigación realizada en el contexto del trabajo de investigación realizado para obtener la suficiencia investigadora en el programa de doctorado. En la segunda acción se dialoga y aplica un cuestionario a los profesores para verificar que efectivamente esas dificultades se presentan porque existen carencias en la enseñanza y finalmente se procede de igual forma en el estudio de textos para verificar que en estos los profesores autores actúan de forma muy similar a como lo hacen los profesores en

el aula. La verificación de estas hipótesis alternativas se basa en la observación y se instrumentan con cuestionarios abiertos.

En el segundo apartado se operativiza la primera hipótesis con los resultados obtenidos en un procedimiento de observación o métodos de campo, determinación de frecuencias y porcentajes y posterior presentación gráfica para facilitar el análisis. Se presentan en primera instancia los resultados de cada pregunta formulada a los estudiantes y posteriormente los resultados correspondientes al cuestionario de los profesores y a la rejilla de los libros. Los comentarios desde lo conceptual en la disciplina y desde la didáctica conjugan la interpretación y explicación de la relación que se da entre las dificultades y las carencias, viendo así cómo se comportan los resultados en relación con la temática estudiada, se argumenta desde la didáctica para definir las posibles causas y relacionarlas con las carencias en la enseñanza. Las observaciones directas y espontáneas de los investigadores se reflejan en estos análisis.

Capítulo Cuatro: Contrastación de la segunda hipótesis

En este capítulo se presenta el diseño de investigación, las estrategias de intervención y la operativización de la segunda hipótesis. Directamente se manipula la variable estrategia para lograr mejor aprendizaje, pero internamente y en la estructura de la estrategia se controlan algunos elementos motivadores, se introducen modificaciones en la mediación, se varía el contexto normal del aula de clase, se pasa de un grupo a pequeños grupos dinámicos y se comparan los grupos experimentales con los grupos control.

En el contexto de la investigación orientada las estrategias seleccionadas ofrecen a los estudiantes las opciones necesarias para construir sus conceptos, lograr aprendizajes significativos y conseguir los logros necesarios para desarrollar las competencias propuestas.

Las mediciones antes y después ofrecen una gama de posibilidades de interpretación y satisfacción al ver si no los máximos niveles posibles, si unos

resultados muy significativos. En este contexto los errores y debilidades llevan implícita una gran riqueza al convertirse en posibles problemas de futuras investigaciones.

Capítulo Cinco: Conclusiones y Recomendaciones

Las conclusiones y recomendaciones son la presentación de los hallazgos y sugerencias sobresalientes de la discusión. Pero, lo más importante, son los vínculos que ellas tienen con las referencias y los procesos que le atribuyen significado y le dan sentido. Cuando se han confirmado, como en este caso, las hipótesis de trabajo, se siente un mayor entusiasmo, aunque no deja de sentirse una cierta frustración porque siempre se pudo haber alcanzado mayores logros y siempre hay debilidades y una gran urgencia de volver a comenzar.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO 1. DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE Y LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE EQUILIBRIO QUÍMICO.....	21
1.1 PERCEPCIÓN DEL PROBLEMA DE APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE EQUILIBRIO QUÍMICO EN LA LITERATURA DIDÁCTICA.....	23
1.1.1 Estudios descriptivos sobre los errores conceptuales cometidos por los estudiantes en el tema de equilibrio químico.	23
1.1.2 Estudios sobre aspectos problemáticos del equilibrio a partir de los años 90 y más centrados en la búsqueda de explicaciones causales a aquellos errores conceptuales.	26
1.1.3 Estudios últimos que ponen el énfasis en establecer claramente las relaciones en los niveles de descripción, macroscópica, microscópica y simbólica, del equilibrio químico.	31
1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
CAPITULO 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LAS HIPÓTESIS PRINCIPALES.....	37
2.1 BREVE ANÁLISIS HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO DE LOS PROBLEMAS EN LA CONCEPTUALIZACIÓN DEL EQUILIBRIO QUÍMICO	39
2.1.1 La afinidad no es una fuerza absoluta	42
2.1.2 Las primeras ideas sobre el equilibrio químico.....	43
2.1.3 La controversia sobre las proporciones definidas	44
2.1.4 Equilibrio y velocidad.....	45
2.1.5 Equilibrio y energía	48
2.1.6 La complejidad del aprendizaje del equilibrio químico	50
2.2 ALGUNAS CONSIDERACIONES DESDE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS ...	56
2.2.1 La importancia de las ideas previas	57
2.2.2 El aprendizaje como proceso constructivo del conocimiento en ciencias experimentales.....	61
2.2.3 Aprender a aprender ciencias.....	68
2.3 ALGUNOS ASPECTOS DE LA DIDÁCTICA QUE NO SON TENIDOS EN CUENTA AL ORIENTAR EL APRENDIZAJE.....	72
2.3.1 Las concepciones de los docentes	73
2.3.2 La persistencia de las prácticas tradicionales de enseñanza	80
2.3.3 El desconocimiento que tienen los docentes de los resultados de la investigación didáctica.	86
2.3.4 La resistencia de los profesores al cambio	89
2.3.5 El desconocimiento de las ideas previas	92
2.3.6 El diseño de los textos de estudio	96
2.3.7 El diseño de las estrategias	99
2.3.8 La actitud negativa de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias	102

2.4 QUE HAN DE SABER Y SABER HACER LOS PROFESORES DE CIENCIAS	107
2.4.1 Conocer la materia a enseñar	108
2.4.2 Conocer y cuestionar el pensamiento espontáneo del docente	114
2.4.3 Buscar su formación como profesor y convertir la actividad docente en cambio didáctico.	118
2.4.4 Criticar fundamentadamente la enseñanza habitual.....	119
2.4.5 Saber preparar actividades.....	121
2.4.6 Saber dirigir la actividad de los alumnos. La mediación docente.....	125
2.4.7 Saber evaluar	135
2.4.8 Saber utilizar la investigación e innovación	142
2.5 NUEVAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA BASADAS EN EL MODELO DE APRENDIZAJE COMO ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN ORIENTADA.	144
2.5.1 El sentido de la investigación orientada	146
2.5.2 El proceso de investigación orientada	147
2.5.3 Estrategias didácticas dinamizadores del modelo de enseñanza y aprendizaje como investigación.....	154
2.5.3.1 Actividades de aprendizaje con Programa Guía de trabajo	155
2.5.3.1.1 El sentido de la estrategia de Educación con Programa Guía.....	155
2.5.3.1.2 Fases de aplicación de la estrategia	159
2.5.3.1.3 Principios.....	160
2.5.3.2 Resolución de problemas	161
2.5.3.2.1 Definición de problema.	164
2.5.3.2.2 Tipos de problemas.....	165
2.5.3.2.3 Fases en la resolución de problemas.....	172
2.5.3.2.4 Condiciones necesarias para la resolución de problemas.	174
CAPÍTULO 3. CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	177
3.1 CONSECUENCIAS DE APRENDIZAJE EXTRAÍDAS DE LA HIPÓTESIS.....	178
3.2 CONSECUENCIAS RELATIVAS A LA ENSEÑANZA EXTRAÍDAS DE LA HIPÓTESIS	180
3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	185
3.3.1 Objetivos de Investigación	186
3.3.2 Contexto y población de la investigación.....	187
3.3.3 Diseño de observación.....	188
3.3.4 Obtención y manejo de la información.....	193
3.4 OPERATIVIZACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	196
3.4.1 Dificultades en el aprendizaje del concepto de equilibrio químico	196
3.4.1.1 Propósitos y criterios de valoración de los cuestionarios aplicados a los estudiantes	196
3.4.1.2 Resultados de la aplicación de los cuestionarios a los estudiantes	205
3.4.2 Carencias en la enseñanza y en el diseño de textos	221
3.4.2.1 Propósitos y criterios de valoración del cuestionario aplicado a los profesores	222
3.4.2.2 Propósitos y criterios de valoración de los apartados de la rejilla usada para analizar los libros de texto.	227
3.4.3 Resultados obtenidos en el cuestionario aplicado a los profesores y en la rejilla usada para analizar los libros de texto.....	232
3.4.4 Consecuencias derivadas de la aplicación del cuestionario a los profesores y de la rejilla usada para analizar los libros de texto	245

CAPÍTULO 4. CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS.....253

4.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	253
4.1.1 Visión parcial del problema	253
4.1.2 Objetivos.....	255
4.1.3 Contexto y población de la investigación	255
4.1.4 Hipótesis	257
4.1.4.1 Hipótesis general.....	257
4.1.4.2 Hipótesis alternativas	257
4.1.5 Resultados esperados	257
4.1.6 Estrategia de contrastación	258
4.2 INVESTIGACIÓN ORIENTADA. EXPERIMENTACIÓN	260
4.2.1 Pretest – Evaluación Diagnóstica.....	260
4.2.2 Programa Guía de Actividades	264
4.2.2.1 Presentación	264
4.2.2.2 Competencias, logros e indicadores.....	264
4.2.2.3 Actividades	266
4.2.2.3.1 Introducción.....	266
4.2.2.3.2 ¿Cuándo podemos decir que un sistema químico o físico está en equilibrio?	269
4.2.2.3.3 ¿Por qué habiendo reaccionantes en un sistema químico en equilibrio no siguen reaccionando?	272
4.2.2.3.4 La Ley del equilibrio químico.....	274
4.2.2.3.5 ¿Qué información nos proporciona la constante de equilibrio?	281
4.2.2.3.6 El caso de los equilibrios heterogéneos	283
4.2.2.3.7 Factores que pueden afectar al equilibrio químico.....	284
4.2.2.3.8 Aplicaciones de la ley del equilibrio químico	292
4.2.2.3.9 Actividades de síntesis y recapitulación del estudio realizado.....	294
4.2.3 Resolución de problemas	302
4.2.3.1 Situación problemática.....	302
4.2.3.2 Planteamiento cualitativo y acotación del problema.....	302
4.2.3.3 Formulación de hipótesis	303
4.2.3.4 Estrategias de resolución.....	304
4.3 OPERATIVIZACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS.....	304
4.3.1 Resultados – postest grupo experimental y grupo control	305
4.3.2 Análisis Estadístico.....	322

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....329

5.1 CONCLUSIONES DEDUCIDAS DE LA CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS.....	329
5.2 CONCLUSIONES DEDUCIDAS DE LA CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS.....	334
5.3 RECOMENDACIONES.....	337

BIBLIOGRAFIA.....	339
ANEXOS.....	365
ANEXO 1: CUESTIONARIO APLICADO A LOS ESTUDIANTES	365
ANEXO 2: CUESTIONARIO APLICADO A LOS PROFESORES.....	367
ANEXO 3. REJILLA DE ANÁLISIS A LOS LIBROS DE TEXTO	371
ANEXO 4. LIBROS ANALIZADOS	375
ANEXO 5: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEXTOS.....	379

CAPÍTULO 1. DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE Y LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE EQUILIBRIO QUÍMICO

El desarrollo de la didáctica de las ciencias como un nuevo campo de conocimiento ha ofrecido a los profesores un espacio de discusión y reflexión sobre su propia acción docente, cuando ha puesto de manifiesto la problemática de las debilidades asociadas a la enseñanza y al aprendizaje, susceptible de ser estudiada a través del proceso de investigación, con el propósito de enriquecer el cuerpo de conocimientos, así como, de estructurar y diseñar nuevas estrategias que lleven al conocimiento, comprensión y transformación de la práctica pedagógica.

En las investigaciones realizadas desde hace algunas décadas se ha detectado que existen numerosos factores que se convierten en causas de las dificultades de la enseñanza y el aprendizaje. En la crítica que Porlán (1999) hace al modelo transmisivo habla de la *constatación de un importante fracaso en relación con el aprendizaje científico de los alumnos*, dice que

Este fenómeno no sólo se ha puesto en evidencia a partir del análisis de los resultados académicos sino también, y fundamentalmente, a partir de los estudios sobre las *concepciones espontáneas* de los alumnos, que demuestran la poca influencia que tiene la enseñanza tradicional en el mundo de los significados personales de los escolares (Osborne y Witrock, 1983; Driver, 1986; Giordan y de Vecchi, 1987).

Por ejemplo, en el estudio del concepto de equilibrio químico se encuentra que es uno de los temas que más dificultades de aprendizaje presenta. Aunque los

alumnos de segundo semestre universitario han estudiado el tema de equilibrio químico en la educación secundaria, sus aprendizajes han sido poco significativos ya que es común que, persistan algunas ideas que hacen de obstáculo epistemológico (Bachelard, 1985) a la hora de realizar nuevas experiencias de aprendizaje. Así, vemos que los estudiantes abordan en química el aprendizaje de este concepto a partir de las ideas que poseen sobre el equilibrio estático (aprendido en el curso de física), seguramente por ser más fáciles de relacionar con situaciones de la vida cotidiana. También, "entre las dificultades analizadas se destacan tanto las que tienen que ver con las ideas previas sobre conceptos relacionados con el de Equilibrio Químico, como las derivadas de las formas de representación de los sistemas: confusión entre extensión y velocidad de la reacción, representación de las reacciones químicas mediante ecuaciones químicas (Anderson, 1986; Nakhleh, 1992), concepción del sistema en equilibrio como dos compartimentos separados, quizás a causa de la influencia de la ecuación química y aplicación inadecuada del Principio de Le Chatelier" (Rocha et al, 2000).

Garritz Ruiz (2000), dice que Garnett *et al* (1995):

Nos alertan asimismo sobre algunas de las razones para que aparezcan estas ideas previas en los estudiantes, más allá del conocimiento informal adquirido en su mundo privado y personal:

- Uso del lenguaje cotidiano dentro de un contexto científico. Por ejemplo, el término "partícula" en el uso común se refiere a una pieza pequeña y visible de una sustancia sólida, mientras que en química se refiere a un átomo, ion o molécula.
- Sobresimplificación de conceptos y utilización de *aseveraciones generales*. Pueden surgir concepciones alternativas cuando los educadores, intentando simplificar conceptos, proveen a los alumnos de descripciones que son limitadas o incluso erróneas.
- Uso de definiciones y de modelos múltiples. El uso de múltiples definiciones en los temas de ácido-base y de óxido-reducción ha sido informado como fuente de dificultades ordinarias en los estudiantes.
- Mientras tanto, el uso de diferentes modelos, probablemente con diferentes niveles de sofisticación, puede pensarse como algo de valor para ilustrar la naturaleza cambiante de la ciencia, pero ello debe utilizarse con mucho cuidado, enunciando claramente las limitaciones de los varios modelos mostrados.
- Memorización simple de conceptos y algoritmos. Hay una tendencia a que los estudiantes reduzcan el conocimiento teórico y de principios a un nivel "factual" y a aplicar dicho conocimiento de una forma memorística. Ello ocurre, por ejemplo, en la enseñanza del Principio de Le Chatelier y en el balanceo de reacciones redox. Aquí hay un claro mensaje para los educadores: el material debe ser presentado de manera que se solicite al alumno el entendimiento de conceptos, en lugar de la aplicación de algoritmos sin razonar o de simples memorizaciones.
- Sobreposición de conceptos similares. Cuando un alumno pretende alcanzar el entendimiento del concepto de equilibrio químico, pero lo coloca como dependiente del concepto de equilibrio físico, puede resultar una magna confusión.

- Dotar a los objetos de características humanas o animales. Se presenta este hecho en aseveraciones como “la corriente eléctrica escoge la trayectoria con menor resistencia” o “los átomos tratan de obtener una compartición de ocho electrones”. Esto sugiere el empleo de un lenguaje más preciso.
- Conocimiento inadecuado de los prerrequisitos. Por ejemplo, estudiantes con un inadecuado conocimiento de la naturaleza de la corriente eléctrica, de conductores y circuitos, deben tener gran dificultad para comprender tópicos tales como la electroquímica.
- Incapacidad para visualizar la naturaleza corpuscular submicroscópica de la materia. Éste es un punto crucial para el entendimiento de la química. Si no está comprendido este punto, poco podrá lograrse en temas que vayan más allá.

Para demostrar la importancia que la comunidad académica ha concedido a las dificultades de aprendizaje en este tema a continuación haremos una breve reseña de algunas de las principales de estas investigaciones, que se presenta atendiendo a su cronología y a su contenido temático.

1.1 PERCEPCIÓN DEL PROBLEMA DE APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE EQUILIBRIO QUÍMICO EN LA LITERATURA DIDÁCTICA

Dada la importancia que el equilibrio químico tiene para el estudio de aspectos tan importantes como el comportamiento ácido-base, las reacciones de oxidación-reducción o las reacciones de precipitación, se hace necesario el conocimiento de las dificultades de aprendizaje y de los errores conceptuales relacionados con el mismo, así como su posible origen (Hierrezuelo y Montero 1989; Pozo et al. 1991) de forma que se puedan establecer estrategias didácticas para superarlos, facilitando con ello el estudio posterior de otros conceptos químicos íntimamente relacionados (Quílez et al, 1993).

1.1.1 Estudios descriptivos sobre los errores conceptuales cometidos por los estudiantes en el tema de equilibrio químico.

A partir del trabajo iniciado por Driscoll (1960), un gran número de investigadores han intentado conocer cuáles son las dificultades y errores conceptuales relacionados con el equilibrio químico, por la percepción y formas de aprendizaje, pero también por problemas derivados del concepto mismo.

También Driscoll (1960) y Haydon (1980) en Quílez Pardo (1998), entran en la discusión sobre las dificultades en la formulación del principio de Le Chatelier, en concreto encuentran en los textos de química dos tipos de enunciados. Los del

primer tipo son los que terminan diciendo que el sistema reacciona oponiéndose (o anulando parcialmente) la modificación introducida. Los enunciados del segundo tipo son aquellos que aseguran que el sistema reaccionará oponiéndose (o anulando parcialmente) al efecto del cambio introducido.

Wheeler y Kass (1974), analizan fuera del mal uso del principio de Le Chatelier, otras dificultades de aprendizaje del equilibrio químico como, por ejemplo, la confusión entre masa y concentración y entre velocidad y extensión de la reacción.

En un interesante artículo basado en la investigación de la naturaleza y origen de las dificultades experimentadas por alumnos que estudian el concepto de equilibrio químico, Johnstone et al. (1977), registraron que los alumnos visualizan un sistema en equilibrio como formado por dos compartimentos independientes y separados, también hablaron de la incorrecta interpretación de la doble flecha.

Finley et al (1982), señalan que el aprendizaje del concepto de equilibrio químico requiere el conocimiento previo de un gran número de conceptos relacionados con él. Ello, unido a la naturaleza abstracta del mismo, hace que sea uno de los aspectos más difíciles de enseñar (Quílez y San José, 1995).

Gorodetsky y Gussarsky (1986), afirman que la experiencia previa de reacciones que proceden hasta completarse, influye sobre la concepción alternativa de reacciones en equilibrio. Además, citan, entre los aspectos problemáticos de comprensión del equilibrio químico, la dificultad para identificar sistemas en equilibrio químico y diferenciarlos de sistemas que no están en equilibrio; la falta de comprensión de la naturaleza dinámica del estado de equilibrio; la identificación de la composición constante en el estado de equilibrio con la de la estequiometría de la reacción; la falta de habilidad para juzgar cómo y cuando cambia la constante de equilibrio; la aplicación incorrecta del principio de Le Chatelier, por ejemplo, en sistemas heterogéneos donde se cambia la masa de

sólidos y la incorrecta interpretación de la influencia de los catalizadores en un sistema químico en equilibrio.

De acuerdo con un principio básico de la Psicología del aprendizaje de Ausubel et al (1993), el alumno a partir de sus ideas previas y capacidad de comprensión integra el nuevo concepto a su estructura cognitiva. De ahí que, si el profesor no está vigilante, el alumno pueda llegar a construir conceptos erróneos o persistir en los que ya posee.

Furió y Ortiz (1983), verifican la persistencia de algunos errores conceptuales dentro del estudio de la encuesta sobre el equilibrio químico realizada a alumnos de COU (Curso de orientación universitaria) y de CAP (Curso de aptitud pedagógica). Analizaron las siguientes dificultades: Desconocimiento de las condiciones que debe reunir un sistema químico, compartimentación del equilibrio, no constancia de la constante de equilibrio, error masa - concentración donde se identifica mentalmente la concentración de sólido con la masa de sólido. En su discusión los autores afirman que la diagnosis de los errores conceptuales, aún siendo una etapa necesaria, no tendría sentido si no se buscan las causas de los mismos y no se ofrece una alternativa didáctica con la que se pueda superar la interpretación no científica del comportamiento de la materia.

En el artículo publicado por Hackling y Garnett (1985), se encuentra que los estudiantes entrevistados tienen una escasa comprensión de los aspectos cuantitativos del equilibrio químico y de las velocidades de reacción en relación con el establecimiento del equilibrio y las perturbaciones que puede sufrir. Los errores conceptuales más significativos que revela este estudio son:

- La velocidad de la reacción directa aumenta con el tiempo de mezcla de los reaccionantes hasta que se establece el equilibrio;
- Existe una relación aritmética simple entre las concentraciones de reaccionantes y productos en el equilibrio (p.e., las concentraciones de los reaccionantes son iguales a las concentraciones de los productos);
- Cuando un sistema está en equilibrio químico y se realiza un cambio en las condiciones, la velocidad de la reacción favorecida aumenta al mismo tiempo que la velocidad de la otra reacción disminuye (p. e., cuando se aumenta la temperatura la velocidad de la reacción endotérmica aumenta pero la velocidad de la reacción exotérmica disminuye).

1.1.2 Estudios sobre aspectos problemáticos del equilibrio a partir de los años 90 y más centrados en la búsqueda de explicaciones causales a aquellos errores conceptuales.

Bergquist y Heikkinen (1990), registran algunos errores conceptuales sobre el equilibrio químico a partir de entrevistas realizadas a los estudiantes. Los autores encontraron que los estudiantes con frecuencia describen el equilibrio como una serie de reacciones oscilantes, es decir, que la reacción directa, que genera los productos, se completa antes de que se inicie la reacción inversa, que generará los reactivos iniciales.

Los estudiantes también muestran poca comprensión química de los cambios que le ocurren a un sistema en equilibrio si se aumenta la concentración de un reactivo original. Los errores conceptuales en relación con la aparición o desaparición de sustancia tienden a agruparse alrededor de tres creencias generales relacionadas con el reactivo limitante: que un reaccionante puede consumirse totalmente por la adición del otro reaccionante, que el equilibrio se alcanza cuando uno o ambos reaccionantes originales se consumen completamente y que el equilibrio está controlado por el reactivo limitante.

Dos terceras partes de los estudiantes entrevistados muestran poca diferenciación entre cantidad de sustancia y concentración. El error más común fue el uso de la concentración como una expresión de “cuánto” material estaba presente. Finalmente, un error inesperado que se detectó fue la creencia de que el volumen de una muestra de gas podría ser diferente del volumen del recipiente que lo contiene.

Un test para diagnosticar las dificultades y errores conceptuales de estudiantes y profesores en equilibrio químico fue usado por Banerjee (1991a). Las respuestas, en general, indican errores conceptuales tanto en profesores como en estudiantes en tópicos relacionados con la aplicación del principio de Le Chatelier, con la velocidad y el equilibrio, con la aplicación de la ley del equilibrio a la resolución

de problemas y con la aplicación de la ley del concepto del equilibrio a disoluciones de ácidos y bases.

Los errores conceptuales abundan en áreas que relacionan la velocidad con el equilibrio, por ejemplo, un alto porcentaje tanto de estudiantes como de profesores creen que cuando se disminuye la temperatura en un equilibrio exotérmico, la velocidad de la reacción directa aumenta. Igualmente, estudiantes y profesores, con alta frecuencia tienen el error conceptual de que un valor grande de la constante de equilibrio implica una reacción muy rápida. Esta dificultad conceptual se debe a que, estudiantes y profesores, intentan interpretar el sentido de evolución del sistema en equilibrio, debido a un cambio de temperatura, usando como única estrategia el principio de Le Chatelier y así confunden la velocidad y la extensión de una reacción.

Pozo et al (1999), dicen que normalmente, los alumnos no tienen esquemas conceptuales desarrollados sobre el equilibrio químico al comenzar su estudio, pero se ha observado que durante el desarrollo de los temas relacionados con este importante concepto aparecen una serie de dificultades de aprendizaje y de errores conceptuales de gran persistencia, difíciles de eliminar.

Johnstone, MacDonald y Webb (1977) en Quílez Pardo (1993), hablando de los errores conceptuales dicen que en la mayoría de los casos, no los debemos considerar como ideas espontáneas, sino como ideas inducidas a través de la enseñanza. Furió y Escobedo (1994), muestran la necesidad de introducir el cambio metodológico en el aprendizaje de conceptos, que aproxime las estrategias de razonamiento de los estudiantes al conocimiento procedimental y explicativo de los científicos. Sin este cambio metodológico se producirá en los estudiantes la *fijación funcional* de unas pocas explicaciones causales que, aún careciendo de significación química para ellos, las emplearán como reglas seguras de inferencia. Los autores también muestran que los estudiantes usan razonamientos lineales que conducen a un *reduccionismo funcional*, mediante el cual omiten algunas de las variables que intervienen en la solución de un problema.

Los errores conceptuales han sido un tema muy investigado por muchos autores por la influencia que ellos tienen en las dificultades de aprendizaje y enseñanza. Al respecto Quílez y Sanjosé (1995), expresan que los diferentes estudios llevados a cabo en este campo de investigación han intentado dar respuesta al menos a alguna de las siguientes preguntas: cuáles son estos errores o dificultades, cuál puede ser su origen, en qué grados se hayan extendidos, por qué son tan resistentes al proceso de instrucción, cómo deben ser tratados y qué metodologías pueden ser más efectivas para tratar de evitarlos o superarlos.

Estos razonamientos de sentido común también se utilizan a niveles microscópicos. En efecto, Furió y Calatayud (1996), analizan la fijación y la reducción funcionales como dificultades procedimentales que tienen los estudiantes para alcanzar el aprendizaje significativo, en este caso concerniente a la geometría y polaridad de las moléculas. Estas formas de razonamiento, basadas en una “metodología de sentido común” dificultan la comprensión del conocimiento científico.

En la revisión sobre concepciones alternativas de los estudiantes en química, Garnett et al. (1995), resumen las causas que consideran que contribuyen a la deficiencia de los estudiantes en la comprensión de los conceptos químicos: uso de lenguaje cotidiano en contextos científicos, simplificación de conceptos científicos y uso de conceptos cotidianos, uso de definiciones y modelos múltiples, aplicación memorística de algoritmos, preconcepciones de los estudiantes de experiencias del mundo privado, superposición de conceptos similares e inadecuado conocimiento de prerequisites conceptuales.

Quílez y Sanjosé (1995), analizan la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier en situaciones donde no se puede aplicar o en otras donde este principio presenta limitaciones. Quílez Pardo (1997), señala que estas deficiencias en un número significativo, tienen un origen metodológico y se ven propiciadas por los planteamientos didácticos incorrectos que realizan los profesores. En estos casos

el principio de Le Chatelier se utiliza como regla segura y universal, eclipsando otros razonamientos alternativos de mayor rigor conceptual.

Un interesante estudio realizado por Van Driel (1998), detecta las concepciones previas que tienen los estudiantes sobre las reacciones químicas antes de introducir el tema del equilibrio químico con el fin de desarrollar estrategias que promuevan el cambio conceptual. Las concepciones previas de los estudiantes se clasificaron en tres temas principales sobre los cuales se intenta el cambio conceptual: reversibilidad, conversión incompleta y naturaleza dinámica del equilibrio.

Este estudio piloto sobre las concepciones previas de los estudiantes reveló que con respecto a la reversibilidad de las reacciones químicas los estudiantes generalmente distinguen entre fenómenos físicos y químicos puntualizando que los primeros son reversibles mientras que los segundos no lo son; la mayoría de los estudiantes consideran que las sustancias originales desaparecen ‘completamente y para siempre’ después de una reacción química (las experiencias previas de los estudiantes con reacciones químicas, tales como la combustión, la descomposición térmica o electroquímica, parecen reforzar esta concepción).

En efecto, antes de la introducción del tema de equilibrio químico los estudiantes tenían la creencia de que los cambios físicos son incompletos, por ejemplo, están familiarizados con la evaporación parcial de líquidos tales como agua o alcohol en una botella cerrada a temperatura ambiente. Sin embargo, con respecto a las reacciones químicas ellos creían que estas conversiones procedían hasta completarse; la mayoría de los estudiantes razonaron que en una botella cerrada, a temperatura ambiente, el alcohol se evapora constantemente.

Ellos lo explicaron en términos de un proceso cíclico en el cual el alcohol se evapora en la superficie del líquido antes de condensarse contra las paredes de la botella, después de lo cual el condensado fluye hacia el líquido. Sin embargo, los

estudiantes muy rara vez razonaron en términos del proceso simultáneo que ocurre en la interfase entre líquido y vapor. Además, se concluyó que los estudiantes son capaces de razonar en términos de procesos no observables, pero ellos tienden a separar estos procesos en espacio y tiempo. Para que sea aceptable la concepción de un equilibrio químico dinámico es esencial asumir que, por lo menos, las dos reacciones opuestas ocurren simultáneamente.

Quílez Pardo (1998), dice que en la formulación del principio de Le Chatelier encontramos un ejemplo que engloba muchas de las dificultades relacionadas con el aprendizaje del lenguaje científico. Diferentes autores han señalado el carácter vago de la formulación cualitativa del principio de Le Chatelier (Quílez, 1995). En esta revisión se ha mostrado además la amplia gama de situaciones en las que el principio está limitado, indican que el principio de Le Chatelier sufre un gran número de importantes excepciones. Muchos investigadores han tratado de reformularlo de una manera completamente general, pero esta forma, si existe, es necesariamente muy compleja.

Furió et al (2000), afirman que muchos de los errores conceptuales que los estudiantes tienen en diferentes áreas de la Química, tales como equilibrio químico y la geometría y polaridad de las moléculas, pueden explicarse con la existencia de formas de razonamiento de “sentido común” como la fijación funcional y la reducción funcional, que no son tenidas en cuenta por los profesores cuando enseñan la Química.

En el caso del equilibrio químico, los estudiantes aplican mecánicamente razonamientos exclusivamente basados en el principio de Le Chatelier, por ejemplo, cuando se agrega un sólido a un sistema heterogéneo en equilibrio lo cual no causa ningún cambio en las concentraciones.

1.1.3 Estudios últimos que ponen el énfasis en establecer claramente las relaciones en los niveles de descripción, macroscópica, microscópica y simbólica, del equilibrio químico.

Andersson (1990), habla de la tendencia a atribuir las propiedades macroscópicas de las sustancias a propiedades de las partícula en el nivel submicroscópico, por ejemplo, un estudiante puede saber que el agua se expande cuando se congela, pero, cuando se le pregunta por el comportamiento de las moléculas de agua en la congelación puede responder que las moléculas individuales se expanden al congelarse. También reporta que debido a que el fósforo es amarillo los estudiantes piensan que los átomos son amarillos y que cuando se funde los átomos se funden.

Los puntos de vista de Johnstone et al (1977) y Hill (1980), necesitan considerarse en el contexto de las observaciones de Andersson (1990). Johnstone cree que la Química puede interpretarse en tres niveles. El nivel macroscópico es sensorial, el que se percibe directamente con los sentidos y se relaciona con fenómenos tangibles y visibles (por ejemplo, la disolución de sal en agua). El nivel submicroscópico produce explicaciones a nivel de las partículas, (por ejemplo, disgregación de la red iónica en iones rodeados de moléculas de agua que se mueven en la solución). El nivel simbólico representa los procesos en términos de fórmulas y ecuaciones (por ejemplo, $NaCl_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Na_{(ac)}^+ + Cl_{(ac)}^-$).

Garnett et al. (1995), agregan que los estudiantes experimentan mayores dificultades con la abstracta e inobservable naturaleza corpuscular, base de la química y la manera como los profesores de química tratan las representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas de las sustancias y procesos químicos.

Stavridou y Solomonidou (2000), afirman que para que los alumnos adquieran un buen dominio del concepto de equilibrio químico, así como de otros conceptos, es

indispensable que desarrollen representaciones adecuadas para las entidades de los tres niveles de representación y de razonamiento en química: del nivel simbólico (ecuaciones químicas, diagramas), del nivel empírico (sustancias y sus interacciones, aparatos, manipulaciones) y del nivel molecular (modelos de la estructura de las sustancias). Y que es igualmente necesario que los alumnos establezcan correlaciones satisfactorias entre las representaciones en estos tres niveles.

Después de contrastar sus hipótesis, las autoras concluyen que muchos alumnos tienen dificultades de conceptualización y de representación sobre el concepto de equilibrio químico. Entre estas dificultades mencionan una mala representación a nivel molecular de un sistema de sustancias gaseosas en equilibrio químico. Las representaciones de compartimentación del espacio de la reacción muestran el predominio del nivel simbólico sobre los otros dos niveles (molecular y empírico) y de la dificultad de la mayoría de los alumnos para representar el espacio de la reacción como un conjunto, como una unidad.

En cuanto a la representación de la evolución de un sistema de sustancias que interaccionan, la mayoría de los alumnos piensan que cada estado de equilibrio corresponde a un solo estado inicial de sustancias; otros alumnos confunden las proporciones de las concentraciones de las sustancias en equilibrio químico con las proporciones estequiométricas de la reacción. Otras dificultades son, por ejemplo, pensar que el sistema reacciona espontáneamente desde las sustancias de mayor concentración hacia las de menor concentración con el fin de igualar las concentraciones sin tener en cuenta la constante de equilibrio de la reacción. En su gran mayoría no entienden el significado y el papel de la constante K y, por consiguiente, no la utilizan en sus razonamientos.

Furió Más, C. J. y Furió, C. (2000), expresan que no es difícil derivar que gran parte de las generalizaciones erróneas que cometen los estudiantes, se basarán en la aplicación de aquella visión realista ingenua que poseen sobre el mundo natural al nivel microscópico de descripción de la materia. Es decir, para ellos el mundo

de los átomos, moléculas, redes iónicas, etcétera, es el mismo mundo macroscópico de los materiales y las sustancias pero en diminuto. No comprenden que existen distintos niveles de descripción de la materia en íntima relación: el *nivel macroscópico* de las sustancias con sus propiedades y cambios y, por otra parte, el *nivel microscópico* de aquellas mismas sustancias que la Química modela a base de átomos, iones o moléculas.

Finalmente, como un buen número de autores atribuyen parte de la responsabilidad en las dificultades de aprendizaje a la enseñanza, por las metodologías, estrategias y también al diseño de libros de texto, a continuación se presentan algunas reflexiones sobre factores de considerable importancia.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Al realizar una revisión crítica y reflexiva de los estudios e investigaciones realizados sobre las dificultades en el aprendizaje del concepto de equilibrio químico, nos planteamos como una primera hipótesis para la investigación:

“Los estudiantes de Química General de la Universidad Industrial de Santander, UIS, tienen serias dificultades de aprendizaje (de tipo conceptual, epistemológico, metodológico y actitudinal) en los contenidos del tema de equilibrio químico debido, entre otras razones, a que en el proceso enseñanza de la Química no se tienen en cuenta los resultados de la investigación didáctica”.

Lo cual nos invita a continuar buscando soluciones a este problema didáctico, que también hace suponer que los problemas de aprendizaje no sólo se deben a las dificultades intrínsecas del concepto, sino también, a la poca eficacia de las estrategias convencionales empleadas en la enseñanza de la Química. Por ello, nos planteamos como segunda hipótesis de la investigación:

Es posible elaborar una alternativa didáctica para la enseñanza del concepto de equilibrio químico que tenga en cuenta los avances de la didáctica de las ciencias y que al implementarla en el aula aumente significativamente los logros del aprendizaje en los alumnos.

El problema didáctico que aquí se plantea está contextualizado en la responsabilidad del docente en la orientación de la enseñanza, sin desconocer claro está, la estrecha relación que tiene con el proceso de aprendizaje vivido por los alumnos. Es decir, los estudiantes no aprenden lo que se les quiere enseñar, porque los profesores persisten en la enseñanza tradicional que desconoce los avances de la investigación didáctica, que tiene como uno de los principios fundamentales el conocimiento, la comprensión y la transformación de las ideas previas de los estudiantes para lograr aprendizajes significativos. En términos generales los profesores continúan utilizando estrategias tradicionales, centrados en la transmisión verbal, en las cuales se limitan a informar sobre lo que está en los libros y revistas, a explicar desde su saber lo que quieren que los alumnos aprendan, induciendo al aprendizaje memorista y mecanicista, sin preocuparse porque sean ellos los constructores de los conceptos y por ende de sus propios saberes.

Esta memorización mecánica, que no consulta las ideas previas, puede propiciar la persistencia de ideas sin sentido y a veces hasta erróneas, que impiden posteriores aprendizajes y en consecuencia el cambio que se espera como resultado del aprendizaje significativo. Porque, si el conocimiento nuevo no se relaciona intencional y sustancialmente con los conceptos y proposiciones existentes en la estructura cognoscitiva como dicen Ausubel, Novak y Hanesian (1993), éste no tendrá sentido y no perdurará o no entrará a formar parte de esta estructura, porque su relación es arbitraria, lo que impide esa aplicación, que se espera que

ocurra, en la construcción de nuevos conceptos, en la elaboración de respuestas o simplemente en la nueva visión del mundo que debe darse como consecuencia del aprendizaje significativo.

El aprendizaje mecánico basado en asociaciones arbitrarias exige al estudiante muchas repeticiones y mayor esfuerzo, para retener muy poca información y menos sentido, llevándolo a subsistir en el mundo produciendo respuestas apoyadas en las ideas ingenuas de la vida cotidiana. Porque en sentido contrario cuando el aprendizaje es significativo se recurre menos a las asociaciones arbitrarias ante la presencia de nuevos mensajes.

Basados en la visión del problema y las hipótesis enunciadas y con el propósito de reflexionar sobre los factores que dificultan la enseñanza y el aprendizaje, así como de sugerir estrategias que permitan estructurar más eficazmente algunas situaciones de aprendizaje y dar sugerencias a los estudiantes y a los profesores sobre el sentido de aprender a aprender para que puedan planificar mejor sus actividades de estudio, se realizó esta investigación con estudiantes y profesores del segundo curso de Química general, ofrecido a quienes ingresan a las carreras de ingeniería en la Universidad Industrial de Santander de Colombia.

Planteamos tres preguntas orientadoras de la búsqueda en el proceso investigativo:

¿Existen realmente dificultades en el proceso de aprendizaje del concepto de equilibrio químico?

¿El no tener en cuenta en la enseñanza los resultados de la investigación didáctica incide en el aprendizaje del concepto de equilibrio químico?

¿Es posible contrarrestar los obstáculos y dificultades en la construcción del concepto de equilibrio químico a través del aprendizaje por la implementación de estrategias didácticas alternativas?

CAPITULO 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LAS HIPÓTESIS PRINCIPALES

La dificultad de los estudiantes para comprender y transformar las teorías estudiadas en conocimientos personales, en saber científico y para poder ver, explicarse y vivir la vida cotidiana a través de ellas, para asumir el rigor científico como una norma particular y para encontrar satisfacción en las actividades de aprendizaje, son situaciones que a pesar de ser convergentes difieren en aspectos esenciales, proceden de contextos y contenidos de aprendizaje diferentes; de ahí que cuando emprendemos el camino de la búsqueda de soluciones, queramos hacer un somero estudio de las teorías de aprendizaje, que nos permitan tener una mejor visión del conjunto de razones por las cuales no aprenden los alumnos.

En Pozo (1999a), leemos que si queremos comprender las dificultades que plantean las actividades de aprendizaje, debemos comenzar por situar esas actividades en el contexto social en que se generan. Debemos reflexionar sobre el medio en el que vive inmerso el estudiante, las exigencias de conocimientos emanadas de la misma vida cotidiana, las opciones ofrecidas fuera de la escuela para otro tipo de aprendizajes, los aprendizajes realizados en las actividades de ocio, la inmensidad de la oferta de conocimientos disponible en todos los campos que exige más que aprender, aprender a aprender.

En general la relación con la información está enmarcada dentro de una nueva cultura, que afecta significativamente a las formas como el alumno aprende y socializa el conocimiento. En la que se establece una cierta competencia por ganar el interés del aprendiz, y en ella la escuela generalmente sale desfavorecida, porque los que buscan que el individuo aprenda para que compre o compre para que aprenda, cuentan con mejores recursos.

Por ejemplo, como dice Pozo (1999a), “el ocio, es una industria floreciente para el aprendizaje. Posiblemente nunca en la historia de la humanidad haya habido tantas personas dedicadas al mismo tiempo a adquirir, por placer, conocimientos tan inútiles y extravagantes”.

Debemos reconocer que, “cada vez son menos las *primicias* informativas y aún menos las *exclusivas* que se reservan para la escuela” (Pozo, 1997), que la escuela como informadora no tiene sentido, no hay razón para que “los programas sigan funcionando en gran medida como si la sociedad de la información no existiera, donde los alumnos tienen pocas oportunidades de organizar y dar sentido a esos saberes informales relacionándolos con el conocimiento escolar, que por lo demás suele ser bastante aburrido” (Pozo, 1999). En particular, no tienen sentido los textos escolares, con a veces malas reducciones del conocimiento, perfeccionados en la calidad material para enriquecer la industria editorial y reducir la visión del conocimiento al libro seleccionado e impuesto por la escuela, también a veces basados en factores extraños a la calidad intelectual y didáctica.

Cuando la información ya no está encerrada en los privilegiados manuscritos, ni en los costosos libros, cuando el más imberbe puede saber con lujo de detalles cómo se construye una bomba, la escuela debe encontrar el camino para dar herramientas que permitan organizar la avalancha de información a favor de un aprendizaje de calidad que pueda relacionar con la información permanente, para otorgarles significado y poder en su vida cotidiana.

Pensar que de las necesidades adquiridas, la de información, que se transforma en conocimiento y luego en saber, es una de las más demandantes para poder sobrevivir individual y socialmente. El bien que alcanza mayor valor es el conocimiento, detrás de él se esconde el poder político, económico y social. Así que cuando alguien cae bajo el peso de las dificultades del aprendizaje, está siendo desposeído de una gran posibilidad de poder, por eso la sociedad aún apuesta por la escuela como liberadora de esta especie de discriminación. Sobre

todo la escuela pública, para garantizar la igualdad en la oportunidad de poseer el conocimiento. La igualdad para buscar, seleccionar, organizar, reelaborar y dar sentido a esa información que se ofrece fuera de la escuela.

En este proceso de búsqueda consideramos necesario hacer a continuación una reflexión sobre la forma como se ha ido percibiendo las explicaciones, respuestas o soluciones dadas a través del concepto de equilibrio químico. Así conociendo las dificultades superadas por la comunidad científica será más fácil encontrar el camino para percibir y comprender las posibles dificultades que se les puede presentar a los alumnos en el aprendizaje del concepto.

2.1 BREVE ANÁLISIS HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO DE LOS PROBLEMAS EN LA CONCEPTUALIZACIÓN DEL EQUILIBRIO QUÍMICO

Para mostrar la dificultad intrínseca de este concepto complejo, se hace una aproximación histórica con la finalidad de presentar los problemas que originaron y resolvió la idea de equilibrio químico. Sin tener una percepción de estos problemas difícil será contextualizar la solución. Una idea principal en este trabajo es hacer ver que hasta que no esté claro lo que es un compuesto químico (Klein, 1994) y lo que es una reacción química, será difícil plantearse el problema de cuáles son las causas de que se realicen las reacciones químicas que es el principal problema que resuelve el equilibrio químico.

La historia nos enseña que primero se buscó una solución cinética (Guldberg y Waage) a partir de la idea mecanicista de fuerzas impulsoras de las reacciones químicas (fuerza química) y su relación con las velocidades con las que transcurren (que se vio como una medida de aquellas fuerzas impulsoras).

La solución termodinámica (basada en las nuevas ideas de energía y, en particular, de energía libre de finales del siglo XIX) es la que definitivamente explica de una

forma más general los cambios químicos (y los físicos, biológicos, geológicos, etc.). Ahora bien esta segunda solución energetista tiene prerequisites conceptuales mucho más complejos que el de la velocidad de reacción, pues requiere un conocimiento de las teorías de campo y del potencial químico que no se enseñan en el nivel de secundaria (nivel donde se ha acotado el problema didáctico).

Es pues, importante que el profesor conozca la historia y la epistemología de las ciencias porque permite conocer los obstáculos a los que se enfrentó la comunidad científica en el pasado, comprender las posibles dificultades que se les puede presentar a los alumnos, comprender mejor las relaciones ciencia, tecnología y sociedad y promover la apropiación de los conceptos (Martinand, 1993).

En estas líneas trataremos de hacer una breve descripción de la evolución de las ideas sobre las interacciones entre las sustancias que dio lugar a la construcción del concepto de equilibrio químico.

A la visión dominante del siglo XVII de que todo fenómeno podría explicarse con referencia al tamaño, forma, número y movimiento de las partículas que componen todos los cuerpos, Newton agregó otro ingrediente crucial: los poderes o fuerzas ejercidos por estos corpúsculos.

Newton buscó, sin mucho éxito, aplicar esta concepción que había probado tan exitosamente en el mundo macroscópico de la mecánica celestial al mundo microscópico de la química y fue en este campo donde el fisicalismo halló su más exitoso desarrollo en la teoría y medida de las “afinidades químicas” (Rocke, 1989).

Las leyes que gobiernan la atracción química claramente difieren de la ley de gravitación. Claude-Louis Berthollet en su intento de distinguir las leyes químicas de las mecánicas insistió en la importancia de las “afinidades electivas”.

En 1791 identificó la atracción de adhesión de las partículas como mecánica y la atracción de composición de aquellas como química. En 1801 anunció que:

“La teoría de las afinidades químicas sólidamente establecida, y sirviendo como una base para la explicación de todos los asuntos químicos, debe ser una colección de, o contener, todos los principios de los cuales las causas de los fenómenos químicos pueden proceder, en toda variedad posible de circunstancias porque las observaciones han probado, que todos estos fenómenos son solamente diversos efectos de esa afinidad, a la cual todos los diversos poderes químicos de los cuerpos pueden atribuirse”.

Berthollet intentó probar que la afinidad no actúa sola como la fuerza determinante en las reacciones químicas, sino que también influían las proporciones relativas de las masas de los reaccionantes. Además debía tomarse en cuenta otros factores tales como insolubilidad, cohesión, cristalización, calor y la elasticidad de los gases (Levere, 1971).

El término afinidad indica la tendencia a la unión de dos cuerpos como causa para mantener las uniones en una combinación. La afinidad representa una cualidad, una predisposición que hace que dos cuerpos se unan y establezcan uniones estables entre ellos.

La teoría de las afinidades alcanza su punto culminante en la segunda mitad del siglo XVIII con Bergman, las reacciones se explican como resultado de las fuerzas de atracción entre la sustancias y estas fuerzas de atracción se llaman atracciones electivas o afinidades electivas; los términos atracción y afinidad se utilizan en esta época como sinónimos (Ganaras, 1998).

Bergman emprende su enorme trabajo de estudiar todas las reacciones químicas conocidas para confeccionar sus tablas que fueron publicadas de 1775 a 1783. En ellas se ordenan varios millares de reacciones químicas y constan de 49 columnas (27 ácidos, 8 bases, 14 metales y otros) con un doble registro: las reacciones “por

vía húmeda”, en solución, y “por vía seca”, “obligadas por el fuego”. Su gigantesca labor va acompañada de un trabajo sobre la nomenclatura y otro de simbolización de las reacciones químicas, en el que invita a entenderlas en términos de asociación y disociación de los constituyentes que permanecen idénticos a sí mismos. Los componentes se representan por símbolos inspirados en la alquimia: el compuesto se sitúa fuera de una llave que agrupa a los componentes.

Al examinar el conjunto de las reacciones químicas, Bergman se encuentra con múltiples “anomalías” y debe aumentar cada vez más las distinciones entre la afinidad verdaderamente química y los factores físicos que la obstaculizan e incluso llega a constatar que una reacción se produce bien en un sentido o bien en otro, dependiendo de las cantidades de reactivos presentes (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997).

2.1.1 La afinidad no es una fuerza absoluta

La importancia dada a la explotación de salitre (nitrato de potasio), producto necesario para la producción de la pólvora de cañón, permitió a Claude-Melchor Cornette especular sobre el efecto reversible producido por el exceso de una sustancia en una descomposición.

En 1788, Cornette fue el primero en registrar empíricamente que la concentración de las sustancias podría alterar el orden de sus afinidades relativas.

En 1793 Berthollet era el director de la refinería de salitre y escuchó de los trabajadores que cuando aumentaba la concentración de salitre en las aguas de lavado, disminuía su capacidad de disolver más sal del salitre crudo. Este hecho condujo a Berthollet a concluir que la afinidad responsable del proceso de disolución no era una fuerza absoluta y que en este fenómeno debía haber un equilibrio entre fuerzas antagónicas.

La reflexión más profunda de Berthollet sobre las afinidades ocurre cuando acompañó a Napoleón Bonaparte en su campaña a Egipto (1798-1799), particularmente a los lagos salados de Egipto, cuyas orillas están invadidas de soda (carbonato de sodio). Allí observó la eflorescencia de la soda, ayudada por la especial configuración de la tierra (un suelo arenoso calcáreo con cañas) y debido a la mutua descomposición del cloruro de sodio y el carbonato de calcio abundantes en el fondo del lago. Esta descomposición, que es el proceso antagónico al que normalmente se realiza en el laboratorio al combinar el $\text{CaCl}_{2(\text{aq})}$ con el $\text{NaCO}_{3(\text{aq})}$ para precipitar el CaCO_3 , y a la vez es una anomalía de las afinidades electivas, se presenta tradicionalmente como el punto de partida del sistema de afinidades de Berthollet (Grapí e Izquierdo, 1997).

2.1.2 Las primeras ideas sobre el equilibrio químico

Ganaras (1998), narra que Berthollet en su obra principal *Essai de statique chimique*, publicada en 1803, expone su teoría de la acción química que, en efecto, es una revisión de la teoría de las afinidades electivas. Introduce la noción de equilibrio químico y la noción de reacciones parciales y discute los factores que influyen en este equilibrio. Es la primera vez que se considera que la reacción química puede ser influenciada por otros factores diferentes a la afinidad, en particular que la masa de la sustancia química influye en la dirección y la extensión de la reacción.

Berthollet pone las bases para la expresión de una de las leyes más importantes de la química física, la ley de acción de masas que se establecerá sesenta años más tarde. Para Berthollet una combinación se forma cuando hay un equilibrio entre todas las fuerzas antagonistas susceptibles de darse en el medio de reacción. Estas fuerzas son de una parte las fuerzas de cohesión y/o de volatilidad (o afinidades de agregación) unidas a las propiedades físicas de las sustancias y dependientes de la temperatura y de la presión, y de otra parte las fuerzas de atracción o afinidades químicas (o tendencia a la combinación) dependientes de la naturaleza de las

sustancias reaccionantes y de las masas de sustancias presentes en el medio de reacción.

Según la teoría de las afinidades electivas todo fenómeno químico se produce completamente en un sentido impuesto por la naturaleza de los cuerpos presentes. Para Berthollet, al contrario, las reacciones químicas son generalmente incompletas y un proceso completo solo existe bajo circunstancias específicas.

Las acciones químicas dependen de la magnitud de las masas químicas pero también de las fuerzas de cohesión y/o de la elasticidad (expansividad) que dependen a su vez de la temperatura y/o de la presión y que se dan como fuerzas opuestas a las afinidades, todas ellas contribuyen a determinar el resultado de la reacción. Si uno de los posibles cuerpos es sólido o gaseoso, se separa del medio de reacción y la reacción se completa, la fuerza de cohesión del producto insoluble o la fuerza de elasticidad del producto volátil intervienen como fuerzas químicas para destruir el equilibrio de las fuerzas presentes y determinar el resultado final. Las reacciones completas son excepciones, un caso específico de reacciones, explicadas por reglas de insolubilidad o de volatilidad.

2.1.3 La controversia sobre las proporciones definidas

Sin negar que en ciertos casos las reacciones produzcan cuerpos con composición constante, Berthollet considera que, en general, los reactivos pueden combinarse en proporciones variables y que la composición de los productos obtenidos es también variable según las condiciones de la reacción. Berthollet pensaba que en la combinación química las leyes eran las mismas que en la acción química que producía la disolución, es decir, consideraba que las condiciones influían sobre la composición del producto final.

Berthollet, en efecto, pone en duda la noción misma de identidad de los cuerpos químicos pues en su concepción todo cuerpo es una mezcla donde la composición depende de las condiciones de reacción. Él refuta también la ley de las

proporciones definidas, enunciada por Proust, quien introduce el concepto de sustancia pura: las sustancias puras tienen una composición constante, determinada en proporciones estrictamente definidas. Los ejemplos de cuerpos con composición constante, citados por Berthollet, Proust consideró que se trataba de mezclas en proporciones variables de sustancias puras.

La ley de las proporciones definidas después de ser rechazada por Berthollet fue adoptada por los químicos quienes encontraron un apoyo importante en la interpretación que hizo la teoría atómica de Dalton y es uno de los criterios que permiten distinguir la combinación química (una sustancia) de la mezcla física.

2.1.4 Equilibrio y velocidad

En la segunda mitad del siglo XIX Marcellin Berthelot impulsa el desarrollo de la termoquímica. Del mismo modo que la caída de un cuerpo se caracteriza por el trabajo de las fuerzas gravitatorias, por la disminución de la energía potencial y por el aumento de energía cinética, una reacción química debe ser definida por el trabajo de las fuerzas químicas y la disminución del potencial de estas fuerzas.

En aquel tiempo se postula que el desprendimiento de calor que produce la reacción mide el trabajo y la disminución del potencial. El estado de equilibrio se convierte así en el estado en el que el potencial de las fuerzas químicas ha alcanzado su valor mínimo, y se define por el hecho de que las fuerzas que llevan a él son las que comportan el mayor desprendimiento de calor (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997).

Se crea así una clasificación de las reacciones, las espontáneas que ocurren con desprendimiento de calor llamadas exotérmicas y las endotérmicas que absorben calor consideradas como forzadas por actuaciones externas al sistema. Esta visión de la espontaneidad de los procesos químicos o físicos se tuvo que revisar a finales del siglo XIX.

Waage y Guldberg (1864), no se apoyan en el marco de la termoquímica y la termodinámica disponible en esa época pero sí retoman la noción de fuerza química. Ellos consideran que una reacción química ocurre bajo la influencia de la fuerza resultante de todas las atracciones que se ejercen entre las diferentes partículas (moléculas, átomos, grupos de átomos) presentes en el medio de reacción. Ellos consideran el estado de equilibrio químico como un balance entre las fuerzas impulsoras de la reacción inicial y la de la reacción inversa que se produce entre los productos de la reacción inicial. Introducen la noción de masa activa que representa la masa (o el número de átomos) de una sustancia dada por unidad de volumen (Ganaras, 1998).

Consideramos importante por su valor histórico, transcribir parte del artículo “Studies Concerning Affinity” que fue la primera presentación de la ley de acción de masas (Waage y Guldberg, 1864):

“..... Si sostenemos que para un proceso químico dado dos fuerzas opuestas son, en efecto, una que lucha para formar nuevas sustancias y otra que lucha por restablecer los compuestos originales desde los nuevos, es instructivo que, cuando en un proceso químico estas fuerzas se hacen iguales, el sistema está en equilibrio. Que el mismo estado de equilibrio ocurre bajo las mismas condiciones, si uno va en un sentido o el otro en el proceso, pertenece a la naturaleza de la materia.

..... Contando parcialmente con experimentos anteriores realizados por otros químicos y parcialmente con nuestros propios y guiados por el curso de procesos químicos desarrollados arriba, presentamos las siguientes dos leyes, a saber *la ley de acción de masas* y *la ley de acción de volumen*, de las cuales se deriva la *condición de equilibrio* para las fuerzas que actúan en el sistema.

(1) La Ley de Acción de Masas

La fuerza de sustitución, siendo las otras condiciones iguales, es directamente proporcional al producto de las masas con tal de que cada una sea elevada a un exponente particular.

Si las cantidades (los autores quieren significar que son las *masas*) de las dos sustancias que actúan entre sí se designan M y N, entonces la fuerza de sustitución es

$$[\text{alfa}](M^a N^b).$$

Los coeficientes [alfa], a, y b son constantes las cuales, permaneciendo las otras condiciones igual, dependen solamente de la naturaleza de las sustancias.

(2) La Acción de volumen

Si las mismas masas de las sustancias interaccionantes se encuentran en diferentes volúmenes, entonces la acción de estas masas es inversamente proporcional al volumen.

Si, como arriba, M y N designan la cantidad de las dos sustancias, y V y V' el volumen total del sistema en dos casos diferentes, entonces la fuerza de sustitución en un caso se expresa por $[\text{alfa}](M/V)^a(N/V)^b$ y en el otro por $[\text{alfa}](M/V')^a(N/V')^b$.

(3) La Ecuación de Equilibrio

Si uno empieza con el sistema general que contiene las cuatro sustancias activas en una relación variable y designa las cantidades de estas sustancias, reducidas al mismo volumen, de acuerdo a la primera ley por p, q, p' y q', entonces cuando se alcanza el estado de equilibrio, una cierta cantidad x de las dos primeras sustancias se transformará. Las cantidades que conserva cada una en equilibrio son consecuentemente p - x, q - x, y p' + x, q' + x. De acuerdo a la ley de acción de masas, la fuerza de reacción para las primeras dos sustancias es $[\text{alfa}](p-x)^a(q-x)^b$ y la fuerza de reacción para las últimas dos es $[\text{alfa}](p'+x)^{a'}(q'+x)^{b'}$. Puesto que hay equilibrio

$$[\text{alfa}](p-x)^a(q-x)^b = [\text{alfa}](p'+x)^{a'}(q'+x)^{b'}.$$

Según la descripción de Ganaras (1998), en 1879 Guldberg y Waage publican una segunda aproximación de la ley de acción de masas llamada “dinámica”. Ellos definen la velocidad de reacción como la masa de un cuerpo formado durante la unidad de tiempo. Consideran que la velocidad es proporcional a la fuerza total de

las reacciones y asocian así velocidad y fuerza (la velocidad y el equilibrio químico son causados por fuerzas químicas).

En 1884 Henry Louis Le Chatelier basándose en el principio de acción y reacción (3^{er}. principio de Newton sobre el concepto de fuerza) propone su famoso principio que define la manera en que un sistema químico reacciona ante las perturbaciones de concentración, temperatura o presión, impuestas desde el exterior.

El estado de equilibrio, según la teoría cinética, no es un estado donde las fuerzas y las velocidades que ellas determinan se anulan, sino un estado donde las velocidades son tales que los efectos de las dos reacciones se compensan sin que se detengan las reacciones. Es el estado donde las colisiones entre las moléculas que determinan una reacción son tan eficaces como las colisiones que determinan la reacción inversa. Un aumento de temperatura hace que aumenten las velocidades de reacción directa e inversa debido a que se eleva la frecuencia de las colisiones de todas las moléculas que reaccionan. Ello no significa que, inicialmente, aumenten por igual ambas velocidades.

2.1.5 Equilibrio y energía

El segundo principio de la termodinámica (principio de evolución de un sistema fisicoquímico) y la noción de entropía introducida por Clausius en 1865, permiten una nueva interpretación energética del equilibrio químico.

La química busca una función de estado que permita expresar la evolución de un sistema químico y las condiciones de equilibrio y que juegue un papel similar al de la energía potencial en la mecánica. El equilibrio correspondería a las condiciones para las cuales esta función sería mínima.

Esta necesidad se vio satisfecha con los trabajos de químicos importantes, tales como Gibbs en 1876 y Helmholtz en 1882, quienes consideran que la energía

contenida en un sistema no puede convertirse totalmente en trabajo ya que una parte de esta energía en una transformación química, se libera bajo forma de calor a una temperatura dada.

Gibbs define la nueva función como energía libre a P y T constante. $G = H - TS$ siendo $H = U + PV$. La función H recibe el nombre de entalpía en 1909. Según Gibbs, la condición para que la reacción tenga lugar espontáneamente es que la función G disminuya. En el estado de equilibrio: $dG = 0$. El término “libre” se emplea para indicar que solamente una parte de la entalpía de un sistema puede ser convertida en trabajo (Ganaras, 1998).

La termodinámica química define el equilibrio químico a partir del segundo principio: toda evolución espontánea que apartase al sistema del valor mínimo de energía se opondría al segundo principio. De aquí puede deducirse la ley de desplazamiento del equilibrio de Van't Hoff (1884), la ley de acción de masas de Guldberg y Waage y la articulación entre los diferentes parámetros que determinan el estado de equilibrio: composición química, temperatura y presión (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997).

Con el breve recuento histórico que acabamos de presentar se alcanza a observar que ha habido dificultades en el origen y evolución de los conceptos científicos, en nuestro caso con el concepto de sustancia y reacción química necesarios para desarrollar el del equilibrio químico. Por lo tanto es lógico que si los estudiantes tienen confusiones en, por ejemplo, los conceptos de reacción química y de velocidad de reacción también tengan dificultades en un primer aprendizaje de este concepto basado en la igualación de las velocidades directa e inversa.

A continuación trataremos de fundamentar que a la dificultad intrínseca del concepto hay que añadir las insuficiencias de unas enseñanzas, o mejor aún de una práctica docente, muy alejada de los avances de la didáctica de las ciencias respecto al proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias (modelos de cambio conceptual, metodológico y actitudinal).

2.1.6 La complejidad del aprendizaje del equilibrio químico Tyson, Treagust y Bucat (1999)

En Tyson, Treagust y Bucat (1999), Hackling y Garnett (1986) sugieren que un mayor énfasis sobre los aspectos cuantitativos del equilibrio pueden ayudar a los estudiantes a tener una mayor claridad de la relación entre las concentraciones de los reactantes y productos en sistemas en equilibrio.

Wheeler y Kass (1978), recomendaron mayor diferenciación en el rango de ejemplos presentados a los estudiantes cuando se discute el principio de Le Chatelier. Ellos también sugieren que los gráficos de concentración versus tiempo pueden ayudar a los estudiantes a visualizar qué está ocurriendo cuando se hace un cambio a un sistema en equilibrio y que un mayor énfasis en las prácticas de laboratorio pueden beneficiar a los estudiantes al suministrarles situaciones concretas.

Jordaan (1993), sugirió que cuando se usa el principio de Le Chatelier para predecir el efecto de los cambios sobre mezclas en equilibrio, estas perturbaciones se ven como debidas a uno de solamente dos factores: a un cambio en temperatura o a un cambio en concentración de una de las especies en la mezcla en relación a las otras.

A pesar de este gran cuerpo de investigación y numerosas recomendaciones, en nuestras clases actuales se hallan consistentemente las mismas concepciones alternativas. Simplemente, no es suficiente alertar a los estudiantes sobre errores comunes cometidos en exámenes y tests, porque la investigación ha mostrado que sus ideas son extremadamente resistentes al cambio. Los profesores necesitan ser capaces de controlar la comprensión de los principios científicos de los estudiantes, de tal manera que ellos puedan desarrollar sus estrategias de enseñanza, para contrastar las ideas de los estudiantes.

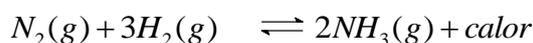
Un problema para los profesores en clase es que los métodos tradicionalmente usados para identificar las concepciones alternativas de los estudiantes requieren mucho tiempo. Estos incluyen el uso de entrevistas, tareas de asociación de palabras y mapas conceptuales.

Un estudio realizado con estudiantes de high school reveló tres resultados que fueron particularmente relevantes para aquellos que enseñan el tópico de equilibrio químico: primero, en la sección donde se les pedía argumentación se encontró que los estudiantes usaron múltiples explicaciones para predecir el efecto de cambios sobre las mezclas en equilibrio. En algunos contextos tal como la adición de un sólido a una mezcla en equilibrio un estudiante usaría la ley del equilibrio químico, pero, fue evidente la preferencia por el principio de Le Chatelier. Segundo, el uso e interpretación del lenguaje emergió como un resultado importante en la enseñanza y el aprendizaje del tópico de equilibrio químico. Fue evidente que estudiantes, profesores y autores de libros de texto a menudo no comparten el mismo significado para palabras comúnmente usadas en conexión con este tópico. Finalmente, en la naturaleza altamente sofisticada del contenido de este tópico se halló que tenía importantes implicaciones para su enseñanza.

▪ **La utilidad de diferentes niveles de explicación**

Tres niveles de explicación pueden usarse en la enseñanza secundaria para predecir qué ocurrirá cuando se perturban o se alteran mezclas de reacción que están en equilibrio: el principio de Le Chatelier, la ley del equilibrio, y un análisis de las velocidades de reacción usando la teoría de las colisiones. Estas explicaciones pueden usarse independientemente para hacer predicciones a cerca del efecto de cambios en mezclas en equilibrio, pero, si un estudiante intenta comprender el efecto, entonces, se requiere además del principio de Le Chatelier o de la ley del equilibrio, alguna consideración de velocidad de reacción. La reacción entre los gases hidrógeno y nitrógeno para formar gas amoníaco puede

usarse para ilustrar esos tres niveles de explicación. Consideremos un sistema en equilibrio en un recipiente de volumen fijo, representado por la siguiente ecuación Química:



y examinemos el efecto sobre la concentración de NH_3 gaseoso al agregar gas H_2 adicional.

▪ El principio de Le Chatelier

De acuerdo al principio de Le Chatelier, se considera que el sistema se opone al cambio efectuado sobre él, en respuesta para reducir la concentración de H_2 gaseoso. La velocidad directa de la reacción se hace mayor que la velocidad inversa de la reacción hasta que el equilibrio se restablece. Esto conduce a un incremento en la concentración de NH_3 en la mezcla de reacción en el nuevo equilibrio.

▪ Ley de equilibrio

La ley de equilibrio relaciona las concentraciones de reactantes y productos en el equilibrio. Puede expresarse de la siguiente manera: A una temperatura particular, toda las mezclas de reacción en las cuales la reacción representada por la ecuación general $aA + bB \rightleftharpoons xX + yY$ que están en equilibrio tienen el mismo valor para la relación

$$K_{eq} = \frac{[X]^x [Y]^y}{[A]^a [B]^b}$$

El valor numérico de esta relación se denomina la constante de equilibrio, K_{eq} . La relación entre las concentraciones de productos y reactivos se denomina el cociente de reacción, Q . Si se agrega gas hidrógeno adicional a la mezcla de reacción descrita arriba, el valor de la relación de las concentraciones de

productos y reactivos decrece, $Q < K$. La velocidad de la reacción directa aumentará produciendo un incremento en la concentración de amoníaco y un descenso en la concentración de nitrógeno e hidrógeno hasta cuando el equilibrio sea restablecido y $Q = K$.

Velocidades de reacción

Si consideramos el efecto de la adición de hidrógeno gaseoso aplicando la teoría de las colisiones al problema, entonces el aumento del número de partículas de H_2 gaseoso conduce a un mayor número de colisiones entre las partículas de hidrógeno y de nitrógeno gaseoso, con el resultado de que la velocidad de la reacción directa se hace mayor que la velocidad de la reacción inversa hasta que el equilibrio es restablecido. Esto conducirá a una mayor concentración de amoníaco gaseoso en la mezcla de reacción en el nuevo equilibrio. En el nuevo equilibrio, la velocidad directa y la inversa de la reacción serán más rápidas que en el equilibrio inicial.

▪ Comentarios y críticas de diferentes explicaciones basadas en la investigación en el aula

Los tres enfoques al problema conducen en este caso a la misma respuesta; esto es, un aumento en la concentración de amoníaco cuando el nuevo equilibrio es restablecido. En una clase típica sobre el tema del equilibrio químico se incluyen estos tres enfoques y entonces aparece la pregunta sobre su utilidad relativa. Es uno más útil que el otro? Los profesores en el oeste de Australia han expresado una preferencia por el uso del principio de Le Chatelier cuando enseñan a los estudiantes cómo predecir el efecto de cambios sobre mezclas en equilibrio. El 87% de los profesores encuestados indicaron que ellos prefieren el principio de Le Chatelier porque es “fácil de explicar”, “más lógico”, “una regla directa”, y “menos difícil”. Esto es a pesar del criticismo en la investigación que ha limitado la generalización debido a que Le Chatelier no delimita la aplicabilidad del principio.

Aparece que los profesores de Química sienten que ellos pueden poner adecuadamente las condiciones límites del principio de Le Chatelier para sus estudiantes. Profesores con experiencia se dan cuenta de los problemas de usar el

principio de Le Chatelier en preguntas que incluyen un cambio en la presión total o en la adición de un gas inerte, y ellos alertan a sus estudiantes sobre esta situación. Sin embargo, la adición de sólidos y agua a mezclas en equilibrio causan problemas a los estudiantes cuando usan el principio de Le Chatelier. Los estudiantes usan el principio de Le Chatelier para responder que una mezcla en equilibrio se opone al cambio cuando se le agrega un sólido o un líquido (aunque en algunas instancias la adición de un sólido no perturba una mezcla en equilibrio) debido a que ellos lo ven como un simple algoritmo. El principio de Le Chatelier no suministra ninguna razón plausible para suponer que la mezcla en equilibrio no será perturbada. Algunos estudiantes aprenden una regla adicional –“que sólidos no afectan las mezclas en equilibrio”- para ayudarse ellos mismos a superar este problema. Esto conduce a algunos estudiantes a la suposición incorrecta que “usted no puede alterar la cantidad de un sólido en una mezcla en equilibrio”. Los estudiantes que usan la ley del equilibrio encuentran que la adición de un sólido no afecta una mezcla en equilibrio, debido a que los sólidos no están incluidos en la expresión de la constante de equilibrio. Sin embargo, se ha observado que estos estudiantes también tienden a desarrollar el error conceptual que “usted no puede alterar la cantidad de un sólido en una mezcla en equilibrio.”

Para un estudiante que usa la teoría de las colisiones la situación de la adición de un sólido no es más clara. La teoría de las colisiones establece que la cantidad de un sólido no influye en la velocidad de una reacción química, y desde esta perspectiva aparece directamente que la adición de un sólido no aumentaría el número de colisiones entre las partículas reaccionantes y la mezcla en equilibrio permanecería sin perturbación. Sin embargo, la teoría de las colisiones establece que el tamaño de las partículas influye en la velocidad a la cual una reacción procede, y esto puede causar problemas a estudiantes cuya práctica en el laboratorio es agregar sólidos granulados o en polvo a los recipientes de reacción. Los estudiantes razonan que si ellos agregan un sólido a una mezcla en equilibrio habrá más colisiones entre las partículas de las especies reaccionantes y que esto causaría un incremento en la concentración de ciertas especies en la mezcla.

▪ **Recomendaciones**

Los autores de este artículo hacen algunas recomendaciones de acuerdo con las consideraciones presentadas. La primera se refiere a las diferentes explicaciones que se usan para predecir el efecto de cambios a una mezcla en equilibrio. No todos los estudiantes que fueron más exitosos en hacer estas predicciones usaron el principio de Le Chatelier o la ley de equilibrio. No aparece que una explicación sea mejor que la otra. Ciertamente los problemas asociados con el principio de Le Chatelier pueden minimizarse adoptando las recomendaciones de Jordaan (1993) y enfocando los cambios en temperatura y concentraciones relativas como los dos factores centrales para perturbar mezclas en equilibrio. Parece que los estudiantes usan una aproximación multifacética, y su elección de explicación depende del contexto del problema. Cuando los profesores, necesitamos evaluar cada una de estas explicaciones observamos que cada una de ellas amplía nuestra comprensión del concepto de equilibrio que tienen los estudiantes.

El lenguaje emergió como un factor clave de la comprensión de los estudiantes del concepto de equilibrio químico; necesitamos estar alerta a los términos que son susceptibles de ser mal interpretados. Puede ser que no usaríamos términos tales como posición de equilibrio o balance de equilibrio y enmarcaría las preguntas en términos de “qué sucede a la concentración” de una especie en particular en la mezcla en equilibrio.

2.2 ALGUNAS CONSIDERACIONES DESDE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Después del breve análisis histórico y epistemológico de los problemas en la conceptualización del equilibrio químico presentaremos aquí algunas consideraciones desde la didáctica de las ciencias como elementos para fundamentar la percepción y comprensión de las dificultades de los estudiantes en el aprendizaje del concepto de equilibrio químico y aunque no sea el objeto de

estudio en este trabajo también se harán referencias continuas sobre aspectos relacionados con la enseñanza.

El análisis anterior nos proporciona elementos desde la disciplina importantes para conjugarlos con los fundamentos científicos de la didáctica misma, los presupuestos contenidos en paradigmas vigentes y los conocimientos funcionales obtenidos en la práctica docente con el fin de construir una base teórica explicativa de las acciones y decisiones en esta investigación.

A través de tres apartados que no agotan los ámbitos de la didáctica reflexionaremos cuando hablamos de: *la importancia de conocer y comprender las ideas previas, los intereses y las expectativas de los alumnos, el aprendizaje como proceso constructivo del conocimiento en ciencias experimentales y el aprender a aprender ciencias.*

2.2.1 La importancia de las ideas previas

“Si tuviera que reducir toda la Psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese en consecuencia” Ausubel (1983).

Una dificultad didáctica que se presenta en la enseñanza habitual es no tener en cuenta la existencia de concepciones alternativas en los estudiantes lo que dificultará la comprensión de prerrequisitos conceptuales importantes (reacción química) a la hora de interpretar un concepto más complejo como el del equilibrio. Ni tampoco tienen en cuenta las formas de razonar (componente epistemológico), ni los intereses (componente axiológico).

La enseñanza habitual no tiene en cuenta lo que los alumnos saben, ni tampoco logra despertar su interés hacia las temáticas de los estudios científicos. En particular no tienen en cuenta que:

- No se incluyen actividades que permitan sacar a la luz las posibles concepciones alternativas del alumnado;
- No se critica el conocimiento cotidiano, evidencias de sentido común sobre los conceptos implicados, ni tampoco sobre los razonamientos de sentido común;
- No se tiene en cuenta la historia de la ciencia y, en particular, los problemas y obstáculos epistemológicos que se tuvieron que vencer y que también pueden constituir dificultades de aprendizaje;
- No se proponen actividades que permitan saber si los alumnos han comprendido realmente los conceptos introducidos;
- No se cuestiona la necesidad de impulsar el interés de los estudiantes hacia la ciencia y su aprendizaje, haciendo ver el carácter social de la propia ciencia (ausencia de relaciones CTS).

Hacemos referencia a los aprendizajes relacionados con el tema que los alumnos han realizado previamente, a las ideas implícitas o explícitas que traen a clase, con las que se disponen a realizar el nuevo aprendizaje y que influyen sobre lo aprendido. “Los profesores experimentados comprueban que los estudiantes tienen sus propias concepciones sobre los fenómenos, aunque a veces estas pueden parecer incoherentes, al menos desde el punto de vista del profesor.

Así mismo, se comprueba que a menudo persisten aunque no concuerden con los resultados experimentales o con la explicación del docente. En otras palabras pueden ser ideas estables” (Driver, Guesne y Tiberghien, 1996).

Estas se conocen con diferentes denominaciones, según el contexto y la tendencia de los proponentes: ideas previas, concepciones alternativas, ideas espontáneas, estructura conceptual, error conceptual, ciencia de los alumnos, etc. “A lo largo de los últimos años pueden distinguirse, fundamentalmente, dos modos de explicar la naturaleza y evolución de las ideas científicas de los niños y adolescentes: la inspirada en la Epistemología de Jean Piaget y la relacionada con las investigaciones en torno a las ideas espontáneas (o no tan espontáneas) y alternativas de los alumnos” (Llorens, 1991).

Hablamos de cómo los alumnos entienden los conceptos científicos y de evidencias útiles a cerca de las resistencias al cambio de los errores conceptuales

de los alumnos. “Bajo esta perspectiva se investiga abundantemente, intentando detectar las ideas que los alumnos utilizan espontáneamente para enfrentarse a problemas o fenómenos científicos” (Pintó, Aliberas y Gómez, 1996).

Desde allí se ha reconocido que si se enseña la ciencia al margen de las propias ideas que a menudo tienen los niños y los adolescentes, no se podrá producir una verdadera asimilación de los contenidos escolares, ya que perdurará siempre una separación entre lo que se ha recibido en la escuela y el conocimiento cotidiano o intuitivo que tiene el alumno al respecto. Algunas características comunes de estas ideas son:

- Carácter espontáneo, no son producto de ninguna instrucción específica. Constituyen creencias muy asentadas en la mente del alumno y los instrumentos cognitivos con los que el niño cuenta para comprender la realidad.
- Carácter implícito y
- Resistencia al cambio.

Algunas investigaciones han propuesto ciertas propiedades para estas ideas: coherencia, universalidad, persistencia y consistencia.

PROPIEDADES DE LAS IDEAS ALTERNATIVAS

<p>Coherencia</p> <p>Aquí llamaremos coherente una concepción si no presenta contradicciones internas. Clement (1983), afirmaba que se trata seguramente de un sistema de concepciones interconectadas coherente que resulta suficientemente estable, lo que explicaría su resistencia al cambio. El conocimiento científico del alumno está interconectado de diversas formas.</p>	<p>Universalidad</p> <p>Son universales las concepciones alternativas? Es decir, ¿Muestran concepciones parecidas los estudiantes de diferentes países o culturas? Los diferentes estudios parecen demostrar cierto grado de universalidad en las concepciones, si bien no debe olvidarse la intervención de factores relacionados con el contexto social y cultural.</p>
<p>Persistencia</p> <p>Uno de los aspectos más preocupantes de las concepciones de los alumnos, es la constatada estabilidad de tales ideas, su importante resistencia al cambio. Dichas concepciones persisten a lo largo de períodos muy dilatados de tiempo, a pesar, incluso, de intervenciones educativas dirigidas a facilitar su transformación (Driver y Erickson1983).</p>	<p>Consistencia</p> <p>Diremos que un alumno es consistente en la utilización de una concepción determinada cuando la usa en contextos distintos, aunque científicamente equivalentes. El estudio de la consistencias es importante para la didáctica, si se consiguiese probar la consistencia en la utilización de las ideas alternativas, se podría diseñar adecuadamente una estrategia de cambio especial.</p>

Fuente: Pinto, Aliberas y Gómez (1996).

Para Driver, Guesne y Tiberghien (1996), “el conocimiento científico del alumno, está interconectado, aunque no siempre de forma explícita o consciente. Cierta coherencia se detecta en algunas concepciones de los alumnos, correspondientes a modelos teóricos distintos de los vigentes en la ciencia actual. Otras concepciones, aún sin corresponder a tales modelos teóricos parecen tener una lógica interna. Finalmente otras concepciones, que parecen provenir de una asimilación inadecuada de la instrucción recibida, muestran un grado variable de coherencia”.

Las ideas producidas por esta asimilación inadecuada conducen a errores conceptuales. Conocer el origen, la forma y la incidencia en el aprendizaje suministra una muy importante información para la marcha de los procesos cognitivos propuestos. Precisamente un objetivo de las nuevas estrategias de aprendizaje de las ciencias es conseguir que los estudiantes aprendan a reconocer y corregir sus propios errores, para que puedan construir sus próximos aprendizajes.

Sin embargo la mera comprobación de la presencia de errores conceptuales no trae como consecuencia inmediata el cambio en las ideas de los estudiantes. Como dijimos anteriormente requiere de tiempo, estrategias especiales y sobre todo de interés por parte de los alumnos y profesores.

Cuando el profesor aborda en el aula de clase algunos temas es muy común que los considere muy sencillos o los dé por conocidos, sin pensar que si desde la base o lo más sencillo se conciben errores, más dificultades se presentarán y se llegará a tener problemas de aprendizaje más serios.

Así pues, convertir el aprendizaje en un proceso de construcción del saber, “ha de consistir en cambiar las formas de ver las cosas- pasar de las concepciones alternativas a las concepciones científicas. Se trata de promover el llamado cambio conceptual” (Pintó, Aliberas y Gómez, 1996).

2.2.2 El aprendizaje como proceso constructivo del conocimiento en ciencias experimentales

La teoría constructivista se ha posicionado como la base sobre la cual se intenta construir el andamiaje del aprendizaje y la vida en las aulas. En ellas el propósito central y según la UNESCO (Delors, 1996), es aprender a aprender, aprender a ser, aprender a hacer y aprender a vivir juntos. Y “todo conocimiento nuevo que el sujeto adquiere es producto de un proceso constructivo si lo analizamos en el interior del sujeto es decir, se apoya en conocimientos anteriores y supone una actividad por parte de quien lo adquiere” (Delval, 1996). “La creación de un nuevo conocimiento es, por lo que respecta al creador, una nueva forma de aprendizaje significativo” (Novak, 1995). Se hacen evidentes nuevas imágenes, en las que podemos reconocer antiguos elementos, nuevos elementos relacionados con antiguos conceptos o nuevos conceptos que desvirtúan antiguas ideas.

Hablamos de la necesidad que tiene el individuo de organizar la información y convertirla en aprendizajes organizados y es justo esta necesidad la que conforma los supuestos fundamentales en los que están de acuerdo la mayor parte de los constructivistas educativos:

1. La actividad del sujeto está en función de su organización cognitiva. 2. El cambio en la organización cognitiva del sujeto está en función de su actividad. 3. El conocimiento es activamente construido por el sujeto cognoscente, no pasivamente recibido del entorno. (Gómez et al, 1995).

Sin embargo, faltaría lo que Piaget considera como los dos poderosos motores que hacen que el ser humano mantenga ese desarrollo continuo de sus estructuras cognitivas: la adaptación y la organización, Delval (1996). Estos dos procesos que Piaget toma del evolucionismo sirven para que el individuo continuamente esté obteniendo información a través de sus sentidos, gracias a la interacción activa que tiene con el objeto a conocer, y lo procese a fin de enriquecer y modificar las estructuras que ha ido conformando. Los nuevos conocimientos son asimilados de acuerdo con lo que ya existe en el individuo y se acomodan en las estructuras de

éste, no sólo modificándose los conocimientos, sino también las estructuras. Por esta razón, resulta que el individuo cambia continuamente sus estructuras mentales, pero al mismo tiempo cambia el objeto en el plano del conocimiento.

En posteriores acercamientos del sujeto al objeto ambos habrán cambiado desde el punto de vista del sujeto, pues éste modificó su estructuración interna, mientras que el objeto fue “modificado” para los ojos del mismo sujeto. Este proceso tiene como resultado una descentración progresiva del sujeto.

En otras palabras, comienza a reconocer que no es el sujeto el centro del universo al tener la interacción con objetos ajenos a él. Interacción que al mismo tiempo le llevan a realizar abstracciones de los objetos.

En este punto de la abstracción no hay un consenso general, pues para el mismo Piaget existen dos diferentes abstracciones: la física y la reflexiva. Sin embargo existe la dificultad de establecer una diferenciación si no tajante, sí bien diferenciada entre una y otra. Vergnaud (1994) opina ligeramente distinto y resulta más convincente: la abstracción de objetos físicos y de operaciones sobre objetos físicos resulta de la acción del sujeto, pues al abstraer los objetos físicos no se establece una "copia" del objeto, sino que se toman en cuenta las propiedades (que son los invariantes) del objeto.

Para Delval (1996), “Piaget concibe al ser humano como un sujeto activo que construye su conocimiento en interacción con el medio, partiendo de su dotación inicial que es hereditaria”. Una de las implicaciones más atractiva de la teoría constructivista es que llama la atención sobre la importancia de “tratar de explicar la formación del conocimiento situándose en el interior del sujeto”

En términos generales, cuando hablamos del conocimiento sabemos - sin tenerlo presente- que existe un sujeto cognoscente y una realidad conocida por él. Para Delval (1996), “esto es algo a lo que se llega tras un largo proceso, y no el punto de partida. La perspectiva constructivista lo que se plantea es: ¿cómo llega un

sujeto, que nace con unas capacidades muy genéricas e indeterminadas, a construir todo el conocimiento que posee un adulto?. Como teoría explicativa trata entonces, de explicar el proceso de construcción del conocimiento situándose en el interior del sujeto, intentando reconstruir lo que sucede en él”.

El conocimiento está en la cultura de cada sociedad, está en cada uno, está en los otros y esto aunque es importante desde el punto de vista educativo, no es lo fundamental cuando se debe explicar cómo el sujeto llega a apropiarse de él, y esta es la respuesta que encontramos en el constructivismo. “La idea básica del llamado enfoque constructivista es que aprender y enseñar, lejos de ser meros procesos de repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende, que debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos” (Pozo y Gómez, 1998).

Desde el comienzo de su vida el sujeto empieza a interactuar con una realidad desconocida, “sin que para él exista esa realidad”, pues tiene que percibirla, reconocerla, representarla en últimas “construirla”. Por eso el conocimiento es el prisma de que dispone el sujeto para conocer la realidad, a través de él obtiene los instrumentos que van variando a lo largo de su desarrollo.

La importancia del impacto que el contexto y el ambiente en el aula tienen en las múltiples maneras como aprenden los alumnos: solos, imitando a otros, por transmisión directa, etc., no puede olvidarse ni siquiera momentáneamente. El tiempo tiene muchos significados en la educación, en el proceso educativo, un sujeto puede empezar a utilizar en un determinado momento conocimientos que se le han enseñado mucho tiempo antes y cuyo significado no había comprendido o puede llegar a integrar todas las piezas necesarias para construir una idea, con intervalos significativos. Esto lo podemos ver claramente cuando utilizamos el método global para enseñar a leer.

También sabemos que el proceso comunicativo no logra automáticamente poner en sintonía a todos los participantes. “Un profesor intenta enseñar a sus alumnos

cosas que algunos aprenden, otros no aprenden y algunos aprenderían mejor solos, (con la explicación de un compañero) o con un libro, pero sin la ayuda de ese profesor” (Pozo y Gómez, 1998). Estos aspectos permiten establecer una referencia que por pequeña no deja de ser importante: hay que diferenciar, entonces, la estrategia didáctica que se siga de lo que el sujeto aprende.

El constructivismo explica de manera plausible la forma en que el sujeto cognoscente construye su conocimiento acerca del mundo. De hecho, al estar de acuerdo con la idea sobre la finalidad de un investigador de la educación que tiene Vergnaud (1994), se coincide con que esta postura epistemológica es coherente con lo observable en el desarrollo mental de los individuos. Empero, en el momento en que se quiere aplicar esta teoría directamente a la enseñanza de las ciencias, tenemos serias dificultades. En consecuencia, si se quiere aplicar el constructivismo en la enseñanza, el docente debe ser cauteloso.

Hagamos el siguiente cuestionamiento: si, como dice Brousseau (1986), la misma estructura axiomática del conocimiento matemático hace que parezca que está adaptada a la enseñanza, entonces ¿por qué "sufrimos" tanto profesores como alumnos; unos para impartirla y otros para aprenderla? El mismo Brousseau contesta: "esta presentación [la axiomática] oscurece completamente la historia de estos saberes, es decir, la sucesión de dificultades y de interrogantes que han provocado la aparición de los conceptos fundamentales, su uso para plantear nuevos problemas (...), enmascara el 'verdadero' funcionamiento de la ciencia (...) para poner en su lugar una génesis ficticia (...) las transpone al contexto escolar."

En la vida cotidiana dentro de la escuela, podemos observar como el encanto y entusiasmo de los niños por la ciencia, va desapareciendo a medida que se asciende en el nivel de escolaridad y por lo tanto de dificultad. Los profesores de los primeros años se sienten más comprometidos con la búsqueda de estrategias que permitan lograr una relación entre el niño y las ciencias más placentera y fructífera.

“Actualmente, sin embargo nos hallamos ante una oportunidad muy valiosa: por una parte, las aportaciones de la epistemología de las ciencias al romper con el empirismo y abordar el problema de cómo evoluciona el conocimiento científico, y por otra, las orientaciones cognitivistas en psicología que abordan los procesos internos de pensamiento, descubren la relevancia del pensamiento infantil e intentan explicar su desarrollo como un proceso interactivo con el entorno, así como una nueva visión de la relación entre lenguaje y desarrollo conceptual han propiciado una tradición centrada en la investigación sobre el pensamiento del alumno, sobre las ideas que generan y sobre cómo estas interactúan con el aprendizaje escolar” (Llorens, 1991).

La búsqueda más exitosa ha iniciado cuando los profesores de ciencias hemos aceptado que otras disciplinas tienen explicaciones valiosas, que nos pueden llevar más fácilmente a las respuestas a interrogantes tales como: ¿cómo aprenden los alumnos?, ¿Por qué no aprenden los alumnos las ciencias que les queremos enseñar?, ¿Cuáles son las dificultades que se presentan en aprendizajes específicos? ¿Cuáles son los factores que influyen y de donde proceden?, ¿Cómo diseñar un proceso en la búsqueda de soluciones?, etc.

Como punto de partida aceptamos que el aprendizaje como acto voluntario que es, se compone de acciones que pueden ser más o menos eficaces, adecuadas o logradas con relación a los objetivos. En todo caso, según Coll, Marchesi y Palacios (1997) para realizar la actividad de aprendizaje se ponen en juego muchos factores entre los que podemos señalar:

- Procesos psicológicos básicos y habilidades cognitivas.
- Conocimientos específicos relativos al tema de trabajo o de aprendizaje.
- Estrategias de aprendizaje y procedimientos.
- Metaconocimiento o conocimiento de los propios procesos psicológicos implicados en la realización de la actividad.

Desde la metacognición la clave del «aprendizaje eficaz», es la capacidad del alumno para captar consciente o inconscientemente las exigencias de la tarea y de responder adecuadamente; es decir, la capacidad para reconocer y controlar la situación de aprendizaje. Los alumnos que aprenden, se caracterizan por estar organizados, tienden a pensar sobre lo que aprenden, buscan comprender la situación e identificar las habilidades apropiadas para la exigencia de cada tarea.

Por ello, la profundidad y la calidad del aprendizaje están determinados tanto por el conocimiento y comprensión de la naturaleza de la misma y por la información que se posee sobre el tema (saber qué y cómo), como por el grado de control que se ejerce sobre los procesos cognitivos implicados: atención, memoria, razonamiento (Gómez, 1996).

Cada entorno se constituye en un complejo contexto particular para la realización de la actividad de aprendizaje, en el que son requisitos indispensables la selección previa de contenidos y el enunciado de objetivos diferenciados, pero coordinados, según las etapas y la participación conjunta en actividades específicas, dirigido todo ello hacia las metas citadas. “Al orientar el aprendizaje se pretende facilitar la construcción de los conocimientos sobre el mundo y acerca de la propia persona, necesarios para enfrentarse a las tareas que se propone con fines educativos, al tiempo que persigue el desarrollo de las habilidades y estrategias necesarias para su realización. Pretende también armar y preparar para progresar autónoma y conscientemente en los aprendizajes, para el aprendizaje continuo y permanente” (Gómez, 1996).

En la búsqueda de ideas con las cuales enriquecer nuestro discurso sobre la construcción del conocimiento encontramos más razones para justificar el deseo de lograr un ‘aprendizaje significativo’ porque según Pozo (1997), “nuestro sistema cognitivo tiene varias características muy específicas de aprender. Y estamos ante la sociedad de la información, del conocimiento múltiple y del aprendizaje continuo”.

La sociedad de la información descalifica el sistema de ‘transmisión de conocimiento’, ‘repetición o memorización de conceptos’, porque el maestro no es la única fuente del saber, ni la primera fuente y a veces, ni la mejor fuente a la que puede acudir el alumno por información.

Los alumnos cuando llegan al aula suelen tener información procedente de muy diversas fuentes como el cine, la televisión, la prensa, la radio. Un primer

problema radica en la descontextualización, fragmentación y hasta deformación que a veces presenta el nuevo ‘saber’ del estudiante. En el espacio educativo se debe lograr, bajo la orientación del profesor, la organización, la interpretación y la internalización. Y cuando el alumno aprende a acudir a otras fuentes la escuela se torna en el espacio de la búsqueda y la confrontación, en donde el diálogo, la lectura y la escritura son métodos esenciales.

Reconociendo que vivimos en una sociedad de ‘conocimiento múltiple’, tendremos que reconocer que también es ‘descentrado’, no sólo por las múltiples fuentes sino por las diversas disciplinas que pueden darle sentido al concepto. Como bien explica Pozo (1997): “apenas quedan ya saberes o puntos de vista absolutos que deban asumirse como futuros ciudadanos, más bien hay que aprender a convivir con la diversidad de perspectivas, con la relatividad de las teorías, con la existencia de interpretaciones múltiples de toda información y aprender a construir el propio juicio o punto de vista a partir de ellas”.

Aparece otra exigencia para el maestro, la ciencia ha de darse a conocer como una verdad inacabada, perfectible, siempre susceptible de ser revaluada. La institución educativa deberá cambiar su viejo propósito de enseñar lo que el alumno necesitará en el futuro, porque solamente puede enseñarle a aprender porque vivimos en una sociedad de *aprendizaje continuo* donde el mayor valor económico lo posee el conocimiento.

Las aspiraciones de la educación de Aprender a aprender, aprender a ser, aprender a hacer, siguen siendo válidas y se ven reforzadas con una nueva que llama la atención por su simplicidad e importancia: *Aprender a vivir juntos*. En ciencias experimentales se suele creer que estas necesidades deben ser satisfechas por otras áreas, pero al contrario, son las ciencias naturales las que pueden ofrecer un espacio más propiciatorio para que el estudiante pueda encontrar el camino y las estrategias necesarias para alcanzar estas metas.

Lograr estas aspiraciones requiere un cambio bastante profundo en el ámbito institucional en el Proyecto Educativo Institucional y a nivel del aula como dice

Pozo (1997) en los contenidos, las actividades de aprendizaje, los procesos de comunicación y los sistemas de evaluación. A continuación reflexionamos un poco más sobre esta temática.

2.2.3 Aprender a aprender ciencias

Aún cuando los alumnos logren trascender sus ideas previas o superar sus errores conceptuales hay que abordar los nuevos conocimientos, dotarles de la capacidad de analizarlos, ordenarlos y criticarlos para construir los aprendizajes significativos esperados, pero aquí no ha finalizado la tarea. Además de enseñarles los conceptos y hechos básicos de la Biología, la Química o las Ciencias sociales, hay que lograr que sean capaces de aprender a aprender esas materias.

Esta necesidad genera una nueva responsabilidad para el maestro, para el alumno y para la escuela en general. Las nuevas estrategias deben considerar que para que un joven desarrolle su potencia a favor de habilidades clave para el aprender a aprender, es necesario facilitarle un marco en el que pueda generar iniciativas y llevarlas a cabo, mediante la creación de dispositivos formativos que hagan confluir los elementos metodológicos y posibiliten la práctica de las habilidades sociales y personales. Este marco debiera ser garantizado durante su proceso de formación integral.

Los alumnos al igual que los maestros tienen unas teorías implícitas sobre cómo aprender, así que en este campo también será necesario producir cambios. “A medida que en nuestra cultura el aprendizaje se complica y diversifica, aprender a aprender, adquirir procedimientos de aprendizaje transferibles a nuevos dominios y tareas, requiere también complicar las teorías implícitas del aprendizaje, yendo más allá de esos rasgos de causalidad lineal simple, centración en los cambios, etc., propios de esas teorías implícitas hasta concebir el aprendizaje como un sistema de interacción o equilibrio entre varios componentes, resultados, procesos y condiciones” (Pozo, 1999).

Ya hemos hablado anteriormente de la diversidad de fuentes de conocimiento, la gran cantidad de información, y la importancia de poseer conocimientos para tener éxito en la sociedad actual, esta situación pone en evidencia la necesidad de un aprendizaje permanente y continuo, el que será posible gracias a las habilidades que definen el aprender a aprender.

La tendencia es menos ‘retención de conocimientos’ y más dominio de las formas y maneras de construir el saber, es un ‘medio y finalidad de la vida humana’. Si nos referimos a su visión como medio, consiste para cada persona en aprender a conocer el mundo de la vida que le rodea, al menos para vivir en paz, con dignidad y desarrollando sus potencialidades. Como fin su justificación es el placer de comprender, de conocer, de descubrir, (Delors, 1996).

Aprender para conocer supone, en primer término aprender a aprender ejercitando la atención, la memoria, la comprensión, el análisis, la síntesis, la creatividad y el pensamiento. Articulando relaciones y disolviendo dualidades. Dejando claro que el conocimiento es inacabado, relativo y perfectible. “Puede decirse que la enseñanza tiene éxito si aporta el impulso y las bases que permitirán seguir aprendiendo durante toda la vida, no sólo en el empleo, sino también al margen de él” (Delors, 1996).

Como etapa previa del aprendizaje de las ciencias el alumno debe comprender y apropiarse de las razones fundamentales por las cuales debe estudiarlas. Un resumen de los muchos objetivos propuestos puede ser:

- Que el alumno llegue a concebir la ciencia como una actividad humana, base de una cultura.
- Que conozca las aplicaciones tecnológicas de la ciencia y su repercusión social.
- Inculcar en el alumno el espíritu de observación del mundo que le rodea.
- Motivar el estudio de la ciencia como algo vivo, en construcción.
- Fomentar una forma de pensar creativa y disciplinada.
- Crear y fomentar en él actitudes y destrezas de:
- Veracidad en el trabajo científico. Actitud crítica.
- Espíritu de investigación.

▪ Habilidad mental y manipulativa.

Es realmente importante que el alumno debe llegar a percatarse, a través del estudio de las ciencias, que éstas constituyen una pieza fundamental de la actividad humana y, por tanto, de la cultura; pero ¿qué significado tiene esto en el nivel de investigación científica? Este objetivo exige a nuestros centros educativos una carga enormemente crítica, pues si bien debemos inculcar a nuestros jóvenes la importancia de la ciencia para el desarrollo cultural de un pueblo, también debemos poner en evidencia que las políticas gubernamentales y económicas no le dan la importancia debida.

El segundo objetivo señala, que el alumno debe conocer las aplicaciones tecnológicas de la ciencia y su repercusión social. También estamos totalmente de acuerdo en la necesidad de impulsar este objetivo. De este modo el alumno podrá percatarse de que la ciencia no es algo puro y neutral, sino que se desarrolla por la presión de múltiples intereses sociales. Así pues, deberán presentarse los «**avances**» científicos ligados a sus aplicaciones y repercusiones sociales.

El tercer objetivo, pide que la escuela esté abierta al medio, es decir, que los alumnos puedan explorar y trabajar fuera del aula y que se establezcan unos nexos adecuados que hagan que el trabajo de los alumnos esté conectado con el estudio y comprensión de la variada problemática del medio en que viven. Abierta interacción y participación de todos los miembros de la comunidad educativa que pueden enriquecer los recursos y estrategias escolares.

Se desea inducir al alumno a considerar el mundo desde la ciencias como inagotado y siempre perfectible y, que es responsabilidad de cada escolar contribuir a su enriquecimiento y perfeccionamiento. Es necesario que el estudiante piense que en el momento en que deja la escuela se enfrenta a situaciones que le obligan a tomar decisiones que van a encauzar su vida: trabajar, seguir estudiando o trabajar y estudiar permanentemente porque cada día tiene que aprender muchas y diversas cosas con propósitos diferentes y también en escenarios diferentes que por supuesto le ofrecen una variada gama de recursos

con los cuales posiblemente no esté familiarizado por lo que necesitará estar en capacidad de adoptar estrategias diferentes.

Consideraciones finales

Finalmente, algunas consideraciones que agregadas a las expuestas en este capítulo nos permiten reflexionar en voz alta sobre algunas ideas que pueden permitirnos construir una respuesta al por qué la enseñanza convencional no logra que los estudiantes superen las dificultades u obstáculos que se les presentan en el aprendizaje:

Como ya lo hemos expresado anteriormente las acciones de la escuela deben ser plenamente coherentes con el reconocimiento que se lee en los discursos de los maestros cuando aceptan que esta ha perdido el papel de protagonista en la transmisión y divulgación de la información, así como que fuera del conocimiento verbal existen otros tipos de conocimiento como el procedimental y actitudinal. Debe reconocer que en lugar de esta función sí tiene la hegemonía en el interés por ofrecer al estudiante los elementos indispensables para la reflexión, cuestionamiento crítico que le permitan tomar decisiones en sus acciones sociales o personales.

Para cumplir con esta compleja misión “la escuela apoyada por la lógica de la diversidad, debe empezar por diagnosticar las preconcepciones e intereses con que los individuos y los grupos de alumnos interpretan la realidad y deciden su práctica. Al mismo tiempo, debe ofrecer el conocimiento público como herramienta inestimable de análisis para facilitar que cada alumno cuestione, contraste y reconstruya sus preconcepciones vulgares, sus intereses y actitudes condicionadas, así como las pautas de conducta, inducidas por el marco de sus intercambios y relaciones sociales” (Pérez, 1994).

En definitiva asociar el aprendizaje e investigación implica incorporar a las clases el conocimiento procedimental y estratégico empleado en la práctica de la ciencia. De aquí se deriva la necesidad de practicar explícita e integradamente,

por una parte, los procesos y estrategias generales de la actividad científica y, por otra, los procedimientos, modelos de explicación, razonamientos argumentos, etc. más particulares y contextualizados en temas de los que no puede informar la epistemología y la didáctica de las ciencias (Furió, 1997).

2.3 ALGUNOS ASPECTOS DE LA DIDÁCTICA QUE NO SON TENIDOS EN CUENTA AL ORIENTAR EL APRENDIZAJE.

Los estudiantes no aprenden significativamente lo que se les quiere enseñar por diferentes razones, unas de orden personal, cognitivo o axiológico y otras dependen de la enseñanza. Por ello, Pozo y Gómez (1998), dicen que “Lograr que los estudiantes aprendan Ciencias y lo hagan de modo significativo y relevante, requiere superar no pocas dificultades”. A continuación reflexionaremos sobre algunos aspectos relacionados con la enseñanza que pueden considerarse de gran importancia:

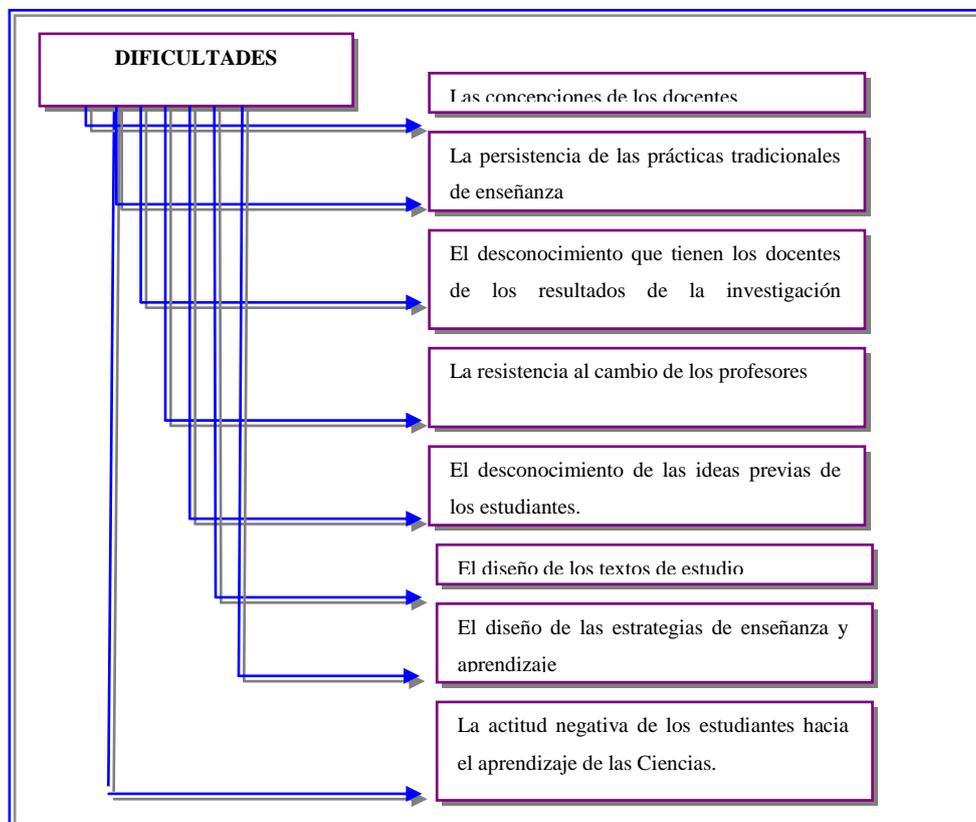


Figura 1.1: Algunas causas de las dificultades

2.3.1 Las concepciones de los docentes

Del mismo modo que los alumnos poseen preconcepciones, ideas y comportamientos intuitivos, que interfieren en la adquisición de los conocimientos científicos, cabe suponer también que los profesores poseemos preconcepciones acerca de la enseñanza que pueden entrar en conflicto con lo que la investigación ha mostrado acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias (Hewson y Hewson, 1988).

Cada profesor dispone de unas concepciones acerca de lo que es y lo que debe tener en cuenta para enseñar y de las razones por las cuales no aprenden los alumnos, elaboradas a lo largo de su vida como estudiante, como profesional, como persona social y como profesor.

Esto no significa que estas concepciones sean siempre conscientes, totalmente explícitas, absolutamente coherentes y tampoco que sean homogéneas entre diferentes grupos de profesores. Más bien parece que buena parte de ellas son implícitas, que la reflexión consciente a menudo se mezcla con la interpretación más o menos inevitable e inmediata de la práctica, que en determinados aspectos o dominios de lo que sería enseñar, estas concepciones pueden estar más o menos elaboradas (Castelló, 2000).

El profesor es mediador entre el alumno que aprende, que elabora y las ideas, estímulos, necesidades y la cultura a través de su propio nivel, por la significación que asigna al currículum en general y al conocimiento que trasmite en particular, y por las actitudes que tiene hacia el conocimiento o hacia una parcela especializada del mismo. La tamización del currículum por los profesores no es un mero problema de interpretaciones pedagógicas diversas, sino también de sesgos en esos significados que, desde un punto de vista social, no son equivalentes ni neutros. Entender cómo los profesores median en el conocimiento que los estudiantes aprenden en las instituciones escolares, es un factor necesario para que se comprenda mejor por qué los estudiantes difieren en lo que aprenden,

las actitudes hacia lo aprendido y hasta la misma distribución social de lo que se aprende (Gimeno Sacristán, 1989).

Aquí se hace referencia a esas ideas coordinadas e imágenes coherentes y explicativas, utilizadas por los profesores para razonar frente a situaciones inherentes al ejercicio de la docencia. Ideas que traducen una estructura mental subyacente responsable de manifestaciones contextuales, que sirven de elemento motor en la construcción de un saber, permitiendo incluso las transformaciones necesarias, acordes con la evolución cultural, científica y tecnológica, partiendo de ese conocimiento personal que es la base de las concepciones. En estas concepciones se construye en parte la percepción y comprensión del mundo que los rodea; incluso la forma como se produce el desarrollo individual y social y los problemas con que se encuentra el individuo.

“Una de las razones que explican el interés por el estudio de las concepciones docentes sobre la naturaleza de la ciencia estriba en el convencimiento de que dichas concepciones incluyen reduccionismos y deformaciones que pueden estar obstaculizando una correcta orientación de la enseñanza. Se ve así la conveniencia de sacar a la luz las posibles deformaciones que la enseñanza de las ciencias podría estar transmitiendo por acción u omisión. De este modo se favorecería el cuestionamiento de concepciones y prácticas asumidas acríticamente –por impregnación ambiental – y aproximarse a concepciones epistemológicas más correctas, susceptibles de incidir positivamente en el aprendizaje de las ciencias” (Fernández et al, 2002).

Estas concepciones docentes se convierten en un obstáculo epistemológico cuando han sido construidas solamente con el conocimiento producto de la experiencia como estudiante y como docente; cuando se desconocen las teorías pedagógicas, psicológicas, sociológicas y sobre todo cuando se desconocen o no se da importancia a los resultados en investigación en didáctica de las ciencias experimentales.

Pero también pueda darse el caso de los docentes que en su período de formación no lograron cambiar sus concepciones como lo explica Campanario:

Los métodos docentes a que son sometidos durante su período de formación contribuyen a que los futuros profesores desarrollen sus propias concepciones sobre la naturaleza del conocimiento científico. El resultado es que los docentes desarrollan concepciones inadecuadas, con frecuencia ingenuas, sobre la naturaleza de la ciencias y del conocimiento científico [Rampal, 1992]. Particularmente significativos son los resultados de una investigación de Porlán sobre las concepciones epistemológicas de los alumnos de Magisterio [Porlán, 1994]. Porlán pudo constatar creencias inadecuadas sobre la neutralidad e infalibilidad del método científico, sobre la superioridad absoluta del mismo (autoritarismo epistemológico) y sobre los procesos que llevan a la construcción de dicho conocimiento. Otras concepciones de los profesores sobre la ciencia y el conocimiento científico son similares a las que mantienen los alumnos.

Entre las concepciones inadecuadas de los profesores sobre la ciencia y el conocimiento científico, diversos autores destacan las siguientes [Gil, 1994a]; [Gustafson y Rowell, 1995]; [Gil, Pessoa, Fortuny y Azcárate, 1994]; [Gil y Martínez-Torregrosa, 1999]:

- a) Visión empirista y ateorica, según la cual la evidencia experimental es la fuente fundamental del conocimiento científico.
- b) Visión rígida excesivamente algorítmica con una reducción de la investigación a una receta simplista con énfasis en los "métodos".
- c) Visión aproblemática y ahistórica: no se relacionan los conceptos y principios científicos con los problemas que los originaron.
- d) Visión acumulativa, lineal que no tiene en cuenta las crisis, remodelaciones y retrocesos.
- e) Visión de la ciencia "de sentido común". Desde este punto de vista, los conocimientos científicos serían casi evidentes.

www2.uah.es/jmc/webens/INDEX.html

En este estilo de pensamiento o en estas concepciones se estructura y organiza la realidad. Surgen en las situaciones en que el hombre debe resolver ciertos problemas, realizar diferentes actividades y concebir nuevas normas de conducta. Se puede afirmar que se ocupan de las situaciones que hacen que el sujeto no viva sólo del pasado, porque cada vez que las evoca las moviliza, las enriquece y reconstruye.

Se debe añadir que las concepciones personales no se corresponden únicamente con imágenes de la realidad; sirven también a las personas como puntos de anclaje en la apropiación de otros saberes, pues se constituyen en la base y el medio en el cual ocurren las asociaciones e interpretaciones de las nuevas informaciones. En este contexto negamos el origen exclusivamente empírico que se le quiere atribuir a la mayoría de las concepciones docentes, porque sería asumir que los profesores universitarios hacen caso omiso a la amplia visión que les da el conocimiento de

la ciencia y la comprensión del mundo que les rodea para construir sus ideas explicativas de la función docente.

Prueba de ello son las teorías implícitas que los estudiosos encuentran en los discursos docentes. Los mismos profesores reconocen sorprendidos la afinidad de sus ideas con muchas teorías de la educación. Pero esto, no obedece a que ellos se han ideado al azar estas teorías, se debe a que las han tomado de otras fuentes menos directas, a que las han inferido de otros contextos teóricos, que se han basado en las teorías educativas o en aquellas que a su vez han prestado su contribución a las disciplinas educativas.

También es justo reconocer, que las concepciones de los profesores tienen varias implicaciones de gran importancia: escapan al propio control, tienden a bloquear los cambios en el dominio de lo concreto, favorecen cierta disociación entre el discurso pedagógico y la intervención docente, ponen en duda los modelos academicistas y artesanales de formación y guardan relación con la desprofesionalización docente y con la estructura del puesto de trabajo en la que el tiempo laboral es fundamentalmente para intervenir y no para reflexionar (Porlán et al, 1997).

Reflexionar sobre las concepciones docentes que motivan la acción docente en la enseñanza de las ciencias, es como querer ahondar en el espíritu que mueve sus acciones, en la fuerza que mantiene o mueve los pilares básicos del modelo tradicional que caracteriza la enseñanza.

Es responder a la necesidad de comprender mejor las características del conocimiento de los profesores en ejercicio, sus posibilidades reales de evaluación, las alternativas de cambio deseables y posibles, y las estrategias formativas que pueden favorecerlas, en la perspectiva de que sean los propios profesores los que impulsen un proceso gradual de transformación de la enseñanza, coherente con los fines socialmente establecidos (Porlán et al, 1997).

Las concepciones conforman los marcos de referencia desde los cuales actúa el ser humano, son el prisma a través del cual percibe y el contexto sobre el cual procesa la información. “Son el conocimiento personal que los seres humanos poseen” (Carmona, 1997).

Se manifiestan en la conducta profesional y sólo tienen sentido en relación con ella, de tal manera que a veces se reemplaza el discurso por la anécdota de lo acontecido en una determinada situación. Es frecuente que cuando los profesores hablan de lo que hacen, hablen más bien de lo que, atendiendo a sus creencias y principios explícitos deberían hacer: de ahí que observarse a uno mismo, o compartir los datos de la observación con otros, signifique con frecuencia el “descubrimiento” de ciertas pautas de acción que se desconocían (Porlán et al, 1997).

Este tipo de saber se va construyendo a lo largo de la vida del docente universitario en el ambiente académico de su departamento y, especialmente, en la relación con los alumnos y en la relación que se ha tenido con los que fueron sus docentes. Sobre los éxitos y fracasos docentes se van construyendo explicaciones al tenor de las concepciones previas y se va renovando el discurso y el saber. A pesar de que podemos pensar que evolucionan fácilmente, el reto más difícil será lograr que los profesores cambien sus concepciones de manera que su estilo docente responda a la creciente complejidad del proceso educativo y de las exigencias sociales.

El sentido de las concepciones se puede ver desde muy diversos puntos, por ejemplo se le puede estudiar desde la perspectiva de su influencia en la eficacia docente, en otras desde el enfoque según las diferencias culturales, y seguramente la vía más importante, es aquella en la cual dan sentido a las acciones de enseñanza y aprendizaje en el aula.

Es importante, que los profesores reconozcan que además de los conocimientos que han elaborado conscientemente y que elaboran cada vez que leen y estudian

para preparar sus clases, existen unos conocimientos que no son fácilmente detectables o de los cuales no tienen indicios, que deben intentar explicitar (solos o con ayuda de otros profesionales) para poder así comprender mejor una parte significativa de sus problemas de clase. Por ejemplo, para que comprenda por qué se planea en términos de formación pero se actúa dando información; se concibe a los alumnos como futuros ciudadanos que han de resolver problemas globales, pero se actúa como si fueran a ser exclusivamente expertos que resuelven problemas disciplinares (Porlán et al, 1997).

Es precisamente en la estrategia de resolución de problemas donde existen diversas concepciones docentes cuestionadoras como, en Gil et al (1988), “los problemas son explicados (tanto por los profesores como por los libros de texto) como algo que se sabe hacer, que no genera dudas, ni exige tentativas (Gil, Martínez Torregrosa y Senent, 1988): el profesor conoce la situación -para él no es un problema- y la explica linealmente, ‘lo más claramente posible’, en consecuencia, los alumnos podrán aprender la solución y repetirla en las situaciones que reconozcan como semejantes, pero no aprenderán a abordar un verdadero problema”.

Huber y Mandl (1982) en Villar Angulo (1988), explican que “un examen de la investigación sobre las cogniciones del profesor muestra que esas teorías subjetivas se conciben sirviendo para el mismo propósito a los profesores y a sus acciones diarias que las teorías científicas a los investigadores”. A partir de ellas, en este ejemplo, los profesores explican los resultados de sus acciones docentes, así se traten de éxitos, o fracasos, y sobre ellas, e impulsados por una firme voluntad, puede originarse el cambio o diseño de nuevas estrategias.

Los profesores universitarios a pesar de que poseen conocimientos adquiridos desde su proceso de formación, tanto en su disciplina profesional como el conocimiento pedagógico (los más bien pocos), construyen sus concepciones a partir de su práctica docente, donde realmente encuentran los problemas de los cuales hemos hablado. Deben construir respuestas sobre los más variados aspectos

que podemos distinguir en un currículum: contenido, destrezas, orientaciones metodológicas, pautas de evaluación, etc. La interacción entre los significados y los usos prácticos del profesor, las condiciones de la práctica en la que ejerce y las nuevas ideas, configuran los ejes de la práctica pedagógica. El profesor no tiene muchas oportunidades para tratar éstas y otras dimensiones epistemológicas de los métodos didácticos, ni suelen ser discutidas en los procesos de formación. Más bien permanecen implícitas y no resulta fácil que pueda expresarlas de forma vertebrada y coherente (Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993).

Las concepciones de los docentes se moldean no sólo a través de las acciones o de los encuentros contextualizados en el ambiente universitario, sino a través de interacciones entre personas en relación con el mundo, un mundo que no es simplemente físico y aprehendido por los sentidos, sino cultural, con sentido y significado, resultado principalmente del lenguaje. El saber representado en las concepciones docentes es en sí mismo básicamente cultural, y sus propiedades distintivas provienen del carácter de la actividad social, del lenguaje del discurso y de otras formas culturales (Cazden, 1997).

Calderhead (1988), confirma lo anterior cuando dice que: “Los profesores universitarios no verbalizan normalmente el pensamiento que acompaña a sus acciones y, dada la naturaleza tácita de alguna parte de su conocimiento y la naturaleza automática o rutinaria de gran parte de su conducta, cualquier informe verbal sólo puede dar cuenta de una forma muy parcial de los aspectos cognitivos de la enseñanza”. Es probable que la razón esté en que los profesores no saben o no han hecho explícitas las ideas que explican sus acciones.

A veces, los profesores, descubren que ciertas teorías explican lo que hacen en el aula sin saber que lo que hacen puede tener relación con determinadas formalizaciones conceptuales, estamos hablando de las teorías implícitas, pero también es probable que sus ideas para explicar el comportamiento de los alumnos o justificar sus propias acciones vayan en contra de teorías psicológicas, pedagógicas y didácticas, aceptadas por la comunidad docente, debido al

desconocimiento que tiene de los resultados de la investigación en estos campos. También es posible que la persistencia en prácticas tradicionales poco exitosas se deba a las concepciones que las motivan y justifican.

2.3.2 La persistencia de las prácticas tradicionales de enseñanza

Gené y Gil (1987), afirman que: «Un primer error en el diseño de la formación inicial del profesorado estriba en concebir ésta como realmente inicial ignorando que los futuros profesores poseen ya unos conocimientos, plantean unos procedimientos y tienen unas actitudes hacia la enseñanza y el aprendizaje, que son el resultado de una formación adquirida “ambientalmente” a lo largo de los muchos años en que han seguido como alumnos las actuaciones de sus profesores. Se trata de una formación que tiene un gran peso por su carácter reiterado y al no estar sometida a una crítica explícita, aparece como “natural” sin que llegue a ser cuestionada efectivamente. Ignorar esta formación tiene los mismos efectos negativos que no tomar en consideración las preconcepciones de los alumnos a la hora de diseñar un determinado aprendizaje.» Esta atención hacia las concepciones docentes se vio impulsada por la constatación de las diferencias existentes entre las aportaciones de la investigación en didáctica de las ciencias, incorporadas por los diseñadores de currículos, y lo que los profesores llevamos realmente a la práctica (Cronin-Jones, 1991; Barrow, 1991, Fernández et al, 2002).

Porque es cierto que a pesar del significativo avance de la investigación en Didáctica de las Ciencias, es innegable que en muchas aulas predomina un modelo tradicional, los profesores repiten los métodos conocidos y experimentados desde sus vivencias como estudiante y es evidente que los modelos basados en la transmisión tienen dificultades para promover el aprendizaje significativo. En el mismo sentido Furió (2001), afirma que "[...] como tampoco se puede dejar de resaltar que, también, el fracaso en una de las actividades más frecuentes en la clase de Física y Química como es la resolución de problemas de lápiz y papel sea un síntoma similar al anterior (persistencia de los errores conceptuales) respecto a la ineficiencia del paradigma de enseñanza – aprendizaje por transmisión/recepción de conocimientos".

Según Campanario (2004), las prácticas que acompañan a las concepciones tradicionales son de sobra conocidas: la actividad predominante en las aulas es la transmisión verbal de conocimientos por el profesor con una falta casi absoluta de interacción entre los alumnos y se pone el mayor énfasis en el aprendizaje de

hechos básicos y definiciones y las relaciones explícitas con aspectos de la vida cotidiana son escasas. De hecho, gran parte de la enseñanza de las ciencias en nuestras aulas es descontextualizada, "siendo, los métodos convencionales el expositivo y uso del texto, básicamente, los grandes aliados de esa descontextualización" (Cartaña y Comás, 1994) en Campanario (2004).

Sobre este modelo por transmisión verbal dice Porlán (1999), que se basa en supuestos tales como:

a) El conocimiento científico es un conocimiento acabado, objetivo, absoluto y verdadero; b) aprender es apropiarse formalmente de dicho conocimiento a través de un proceso de atención, captación, retención y fijación de su contenido; durante este proceso no se producen interpretaciones, alteraciones o modificaciones de ningún tipo; c) aprender es un hecho individual y homogéneo, susceptible de ser estandarizado; d) los contenidos escolares deben seleccionarse a partir de los conceptos científicos, determinando los más apropiados para cada nivel; e) la explicación directa de los contenidos es la manera de enseñar por antonomasia, y no una opción entre varias alternativas posibles; f) la evaluación consiste en medir el grado de reproducción exacta de los contenidos por parte de los alumnos.

En el aula de clase cuando abordan el análisis de problemas científicos, los profesores, adoptan metodologías tradicionales consistentes en repetir lo que está en los textos o en las revistas y aplican heurísticos importados del contexto cotidiano; pero de dudosa utilidad cuando se trabaja con contenidos científicos. Sánchez y Valcárcel, (1993), han comparado los rasgos fundamentales que definen los métodos tradicionales basados en una enseñanza por transmisión frente a los que promueven el aprendizaje entendido como construcción de conocimientos. Las dos concepciones se diferencian en el papel que desempeñan en el aprendizaje factores como la labor del profesor - transmitir conocimientos frente a facilitar situaciones de aprendizaje-, el papel del alumno -asimilar información frente a construir información- y la mente del sujeto que aprende (receptáculo inicialmente vacío o con algunas ideas fácilmente reemplazables

frente a una estructura organizada de ideas y estrategias de razonamiento resistentes al cambio) (Campanario, 2004).

También, sus concepciones epistemológicas sobre la ciencia, el conocimiento científico y el aprendizaje suelen ser inadecuadas (Campanario, 2004). Lo peor de esta situación es que el problema persiste porque los profesores no lo consideran como tal y los alumnos *ilustrados* por la situación cotidiana, consideran que así deben hacerse las cosas y que otras metodologías inducen a la pérdida de tiempo y sobre todo a un mayor esfuerzo. Para acabar de complicar las cosas, en muchas ocasiones las estrategias metacognitivas de los alumnos son realmente pobres (no saben que no saben). Pareciera que, en palabras de Pozo, existiese una especie de conspiración cognitiva contra el trabajo del profesor (Pozo, 1987). Aunque en los objetivos se exprese la intención de alcanzar aprendizajes significativos, los indicadores de su logro son erróneos cuando se considera que acciones como repetir lo escuchado en clase o resolver problemas *tipo* son indicadoras de este tipo de aprendizaje.

Como se comentó en el apartado anterior desde su sitial de estudiantes los profesores universitarios han construido unas concepciones docentes, que motivan y explican sus acciones en el aula. Como lo expresa Furió (1997), “una metodología de sentido común, que puede suponer un obstáculo importante, en la adquisición de formas reflexivas, hipotéticas y productivas de pensar, próximas a la construcción científica del conocimiento, (Hashweh, 1986; Gil et al, 1991; Salinas et al, 1996). Esa fijación en la forma de hacer las cosas, que aparentemente funciona, va generando una especie de modelo pedagógico particular que no concuerda con los nuevos discursos a los que pueda tener acceso el docente. Este tipo de lección unidireccional donde el estudiante escucha complacido la exposición del profesor permite tratar una mayor cantidad de tema con mayor rapidez y sin complicaciones como evidentemente ocurre cuando se da la palabra al estudiante o se requiere que haya realizado acciones previas al desarrollo de las actividades en el aula”.

El docente tiene la certeza de la efectividad de sus explicaciones y no le preocupa si “ellos no aprenden”, no tiene dudas sobre la efectividad de su estrategia, porque atribuye los resultados poco exitosos al nivel de preparación y al poco interés y casi ningún esfuerzo de sus estudiantes. Como dice Campanario (2004), es innegable que en muchas aulas predomina un modelo tradicional y es evidente que los modelos basados en la transmisión tienen dificultades para promover el aprendizaje significativo. Según Calatayud, Gil y Gimeno (1992), estos modelos tienen su fundamento en unas suposiciones inadecuadas: Enseñar es una tarea fácil y no requiere una especial preparación, los procesos de enseñanza y aprendizaje se reducen a una simple transmisión y recepción de conocimientos elaborados, el fracaso de muchos estudiantes se debe únicamente a sus propias deficiencias, falta de nivel, falta de capacidad, etc.

Aunque desde hace varias décadas se está hablando de innovaciones y cambios en las estrategias docentes, son numerosos los alumnos que encuentran serias dificultades en el aprendizaje de las ciencias. Esto se puede deber en primera instancia a que por regla general los profesores universitarios no poseen una formación intencional como docentes, por ello, su saber docente ha sido configurado a lo largo de su experiencia como estudiantes. “La calidad de la experiencia cultural que tienen los profesores va dejando un sedimento en ellos a lo largo de su formación, siendo la base de la valoración que harán del saber y de las actitudes, la ciencia, el conocer y la cultura. Perspectivas que pondrá en acción cuando él tenga que enseñarlo o guiar a los alumnos para que lo aprendan” (Gimeno, 1989).

También en la revisión de los trabajos realizados con profesores de Ciencias e Ingeniería se ha comprobado que un alto porcentaje realiza actividades de enseñanza centradas en la explicación del profesor, con los contenidos como eje director de la dinámica de la clase, controlada y dirigida por el profesor (Callejas et al, 2001). En los planteamientos del problema de numerosas investigaciones, se encuentran evidencias que reafirman que en la escuela aún predomina la enseñanza que solemos denominar tradicional. Pero, al mismo tiempo, los datos

también revelan creencias y prácticas alternativas a la enseñanza tradicional que, además de ser minoritarias, no son tan “consistentes.” En otras palabras, hemos de ser conscientes de que no existe en la práctica educativa un referente curricular con suficiente tradición como para poder desplazar a corto plazo las tendencias más tradicionales (Porlán, 1995).

En las mismas pretendidas innovaciones cuando estudiantes y profesor no comparten la intencionalidad, es decir, éstos últimos no han comprendido el objetivo ni la actividad a realizar, no hay compromiso con la búsqueda de nuevos caminos y estrategias para alcanzar la meta propuesta.

El problema se acrecienta debido a que las exigencias de la sociedad por los cambios tecnológicos y culturales han deteriorado la validez del método de apropiación memorista y reproductivo de los conocimientos, por la incoherencia creciente entre lo que la sociedad pretende que sus ciudadanos aprendan y los procesos que pone en marcha para lograrlo. Se ponen en evidencia las debilidades de la enseñanza arraigada en un sistema tradicional de exposiciones del profesor y repetición año tras año de prácticas de laboratorio, porque aumentan la distancia entre lo que se debería aprender y lo que finalmente se consigue aprender.

Los estudiantes deben ser capaces de acceder a las ilimitadas fuentes del conocimiento a través de la red informática y lo que es más importante deben comprender y valorar la calidad de esa información para su aprendizaje y proceso formativo y la escuela debe dejar de actuar como si la sociedad de la información no existiera porque lo que se está consiguiendo es crear confusiones, porque los estudiantes tienen poca oportunidad de organizar y dar sentido a esos saberes informales relacionándolos con el conocimiento escolar, que por lo demás suele ser bastante menos atractivo (Pozo, 1999). Así mismo, deben ser capaces de tener control sobre sus propios procesos de aprendizaje para adecuarlos a sus necesidades y debilidades, en lugar de depender de la orientación y explicación del profesor.

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales y en particular de la Química siempre han sido una tarea difícil, debido a la complejidad de la misma. Numerosas condiciones deben conjugarse para que exista un real aprendizaje. En efecto, muchos conceptos de Química están altamente relacionados con otros y, por consiguiente, su aprendizaje depende de la adquisición de otros más sencillos que constituyen verdaderos prerrequisitos conceptuales.

Por ello, en el proceso de aprendizaje se debe dar lugar a la contrastación de los razonamientos de sentido común de los estudiantes, con las ideas propias del campo científico, para facilitar su reestructuración cognoscitiva.

También se deben evitar los tratamientos puramente operativistas de los conceptos aplicables a problemas cuantitativos y el aprendizaje memorístico del simbolismo químico, lo cual conduce a un operativismo que no permite razonamientos explicativos y a no aprender su importante significado cualitativo.

Por otra parte, la comprensión de conceptos químicos requiere que el alumno relacione los modos de representar las sustancias y las interacciones que experimentan esas sustancias. Precisamente una de las principales conclusiones de la investigación en didáctica de la Química que en los últimos diez años ha recibido consenso, es la existencia de los niveles macroscópico, microscópico y simbólico de representación de los cambios químicos y las grandes dificultades que conlleva no establecer las adecuadas relaciones entre estos niveles de representación (Gabel, 1998).

Especial cuidado debemos tener los profesores no sólo sobre la ineficiencia de las estrategias docentes, sino también sobre la posibilidad de que se conviertan en refuerzo de errores conceptuales (Gil et al, 1992).

En estas dificultades también inciden considerablemente las prácticas evaluativas porque como dicen Satterly y Swann (1988), hoy se reconoce ampliamente que los métodos de evaluación usados por los profesores pueden afectar

profundamente no sólo a la calidad y a la cantidad del aprendizaje de los estudiantes, sino también a sus características afectivas: sus intereses y actitudes hacia las ciencias y su aprendizaje.

Finalmente, salir de las prácticas tradicionales no consistirá en aprender un nuevo conjunto de trucos docentes, o en imitar estrategias que han sido exitosas en otras situaciones, sino en estudiar, reflexionar e investigar sobre sus problemas de enseñanza, teniendo en cuenta los resultados de otras investigaciones para encontrar nuevas formas de abordar los problemas particulares (Biggs, 2004).

2.3.3 El desconocimiento que tienen los docentes de los resultados de la investigación didáctica.

Las investigaciones didácticas realizadas durante los últimos 20 años sobre los llamados, inicialmente, "errores conceptuales" y posteriormente preconcepciones o concepciones espontáneas de los estudiantes están contribuyendo en el ámbito de la comunidad científica a una crítica fundamentada del paradigma de enseñanza aprendizaje por transmisión verbal de los conocimientos científicos acabados en el que podemos situar de manera general a la enseñanza habitual de las Ciencias que hoy mayoritariamente se practica (Furió, 2001).

La sociedad en general y los docentes universitarios en particular, pagan un precio muy alto por el desconocimiento de los resultados de la investigación en diferentes ámbitos. Son muchos los esfuerzos realizados por investigadores que intentan explicar por qué no aprenden los alumnos lo que se les quiere enseñar y sin embargo sus enunciados no son estudiados por los colectivos docentes para solucionar los problemas que detectan en el proceso educativo.

Diferentes investigaciones han demostrado que la resolución de problemas es una estrategia altamente significativa para mejorar la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje, para formar el espíritu investigativo y la conciencia social y en forma integral para desarrollar la competencia investigativa. Sin embargo, "[...] en investigaciones sobre resolución de problemas (Gil y Martínez

Torregrosa, 1983; Martínez Torregrosa 1987; Ramírez, 1990; Reyes, 1991), se encuentra que en la enseñanza habitual los problemas son también explicados, se oculta al alumno todo el proceso de incertidumbres, de búsquedas, etc., inherentes a la solución de cualquier problema; por el contrario el profesor actúa de forma lineal, seguro de antemano, comportándose como quien no resuelve problemas sino como quien muestra soluciones ya hechas de cuyo resultado, en consecuencia, no es necesario dudar. Por ello, la solución de un problema no idéntico a los resueltos en clase es percibida por los estudiantes como fruto de una intuición inmediata solo al alcance del profesor o de los alumnos más dotados. Su actuación ante estas tareas vendrá condicionada por el contexto didáctico, es decir por el tipo de enseñanza y, si ésta le ha habituado a un aprendizaje de tipo mecánico donde debe repetir soluciones, su conducta será, en general dicotómica: o reconoce de modo inmediato el problema y pasa rápidamente a resolverlo o, por el contrario, abandona su solución esperando la del profesor” (Furió, 2001).

Los problemas se ven reflejados en el fracaso escolar en un curso, en la deserción, pero también los estudiantes que aprueban suelen tener aprendizajes de baja calidad, como bien lo explica Furió (2001), cuando habla de "los errores conceptuales y el fracaso en la resolución de problemas como síntomas de la ineficacia de la enseñanza por transmisión-recepción de los conocimientos" y dice que "[...] los resultados obtenidos al comprobar la comprensión de los conceptos considerados esenciales ponen en evidencia serias deficiencias en el modelo: la mayor parte de los conceptos no son comprendidos de modo significativo por los alumnos, pero no solo por los que suspenden, sino incluso por los que obtienen calificaciones altas".

A la hora de tener que usar los conceptos previos para comprender un texto o para aplicarlos en el estudio, comprensión y solución de un problema, se presentan dificultades que ponen en evidencia la carencia de aprendizajes significativos. Es decir, la tarea de aprendizaje no se relaciona, de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra), con lo que el alumno ya sabe y éste no adopta la actitud de aprendizaje correspondiente para hacerlo así (Ausubel et al, 1993).

Los profesores creen y las instituciones universitarias lo han aceptado, que para enseñar basta con ser investigador en su disciplina y con conocer su asignatura. Cuando los estudiantes fracasan es común que sólo se cuestionen las estrategias de aprendizaje y que se busquen todas las causas en la dedicación y el esfuerzo de los estudiantes. Los investigadores en Didáctica de las Ciencias forman un grupo aparte de los profesores de Ciencias Naturales y Matemáticas y por lo tanto los resultados de sus investigaciones sólo interesan a esta aún pequeña élite.

Por los anteriores argumentos, se evidencia que el profesor generalmente no ha comprendido que la formación científica no se logra transmitiendo el conocimiento científico como información, en un proceso de comunicación unidireccional. Ya que en la literatura podemos observar que en la historia de la enseñanza se encuentra, como dice Campanario (1999), “que durante muchos años los profesores de ciencias han enseñado más por intuición e imitación que basándose en puntos de vista formalizados y respaldados por teorías sobre la actuación cognitiva de los alumnos y por resultados contrastados por la investigación. Autores tan conocidos como Novak y Gowin (1988), insisten en que, aunque muchos profesores pueden intentar abordar los problemas de aprendizaje a base de "sangre, sudor e intuición" estos elementos no bastan para solucionar los problemas de enseñanza, más bien suelen ser contraproducentes por la aplicación de enfoques "evidentes" pero inadecuados. Las respuestas basadas únicamente en el "sentido común" deben desterrarse de una vez para siempre de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, como hace tiempo que se desterraron de las propias disciplinas científicas”.

Campanario (2004), agrega que las respuestas basadas únicamente en el "sentido común" que hace tiempo se desterraron de las propias disciplinas científicas ya no tienen justificación ante los avances de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, que aportan a los profesores elementos de estudio y reflexión. Los problemas de aprendizaje y enseñanza de las ciencias son esencialmente interdisciplinarios. Ello nos obliga a tener en cuenta en nuestra fundamentación

diversas áreas desde las propias disciplinas científicas (Física, Química) los campos afines como la Psicología Educativa, la Filosofía de la Ciencia y otros que tienen mucho que aportar a tales problemas.

En este mismo sentido, se observa que los profesores no sólo desconocen los resultados de la investigación sino que no quieren participar en ella, ya que frecuentemente emprenden procesos de innovación, basados en la intuición desarrollada por la observación de situaciones críticas que inducen al cambio para mejorar las condiciones de enseñanza y aprendizaje de un grupo específico, aunque en el mejor de los casos se tengan en cuenta las teorías y resultados de investigación en la didáctica de las ciencias, el profesor elude el proceso de investigación por el tiempo necesario, las exigencias para recoger, organizar y analizar los datos, así como escribir y someter a discusión los resultados.

Las investigaciones sin una comunidad que le de continuidad a los procesos investigativos, que participe en las discusiones tendrán poca repercusión y poca influencia sobre la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Seguramente a esta situación han contribuido las instituciones universitarias, que poco valor le conceden a la influencia de los resultados de investigación sobre la calidad de la acción docente.

2.3.4 La resistencia de los profesores al cambio

"La educación puede transformar la cultura, pero solo en la medida en que se hayan transformado sus educadores (Ferguson, 1998).

En el marco de la autonomía de los profesores universitarios se reconoce que el reconocimiento de la necesidad del cambio y del cambio mismo, es voluntario. "El cambio como desarrollo profesional (docente) no es algo que pueda imponerse, porque es el maestro quien se instruye (activamente) y no a quien se forma pasivamente. Es posible que el cambio no se interiorice, sea cosmético

“nominal” temporal. El cambio en los niveles más profundos, supone la modificación o transformación de valores, actitudes, emociones y percepciones que informan la práctica, y no es probable que se produzcan éstas si no se participa en los procesos de decisión relativos al cambio ni se tiene cierta sensación de control de los mismos” (Day, 2005).

Como se ha expresado en anteriores apartados la persistencia en las prácticas tradicionales tiene su origen en las concepciones docentes, que se convierten en una especie de obstáculo epistemológico, cuando se ve enfrentado al reto de nuevos aprendizajes sobre teorías y estrategias innovadoras. Es posible que el profesor acuda a cursos de formación y desarrollo docente y repita los conocimientos adquiridos, pero que éstos no afecten su práctica pedagógica. Es frecuente que los profesores hablen sobre las habilidades de los estudiantes en el uso de las nuevas tecnologías sin preocuparse porque él no las posee y por supuesto no las ha integrado en sus acciones docentes.

Es poco frecuente que los profesores vean la necesidad de diseñar e implementar nuevas estrategias para desarrollar su práctica docente, para atender a la diversidad y facilitar el aprendizaje de todos los alumnos. Esto puede deberse a que en los mencionados cursos de capacitación el profesor recibe la información pero no la aprende significativamente y no acepta que antes de actuar es necesario y preciso diseñar y emplear estrategias para mejorar el grado de aprendizaje y la calidad de la docencia. Son los profesores los que han de participar en experiencias novedosas que ilustren y estimulen una consideración de nuevas posibilidades de acción para una educación para todos.

Por ejemplo, a pesar de la aceptación que ha tenido la teoría constructivista y de la importancia de conocer las ideas previas de los alumnos, como punto de partida para nuevos aprendizajes, en la mayoría de los casos no se viven experiencias que permitan conocerlas, reconocerlas y tenerlas en cuenta. También es posible como dice Furió (1997), que se tengan en cuenta, pero no se produzcan cambios en las

formas de pensar y razonar, motivo por el cual no se da el esperado cambio conceptual.

Esta resistencia al cambio se apoya en la tradicional enseñanza centrada en contenidos, mediante una enseñanza puramente expositiva que no se detiene en conectar con las estructuras conceptuales de los alumnos (Furió y Gil, 1989). De generación en generación de profesores, la exposición sigue siendo el método privilegiado, porque permite cubrir mayores extensiones de contenidos, controlar la disciplina en el aula y garantizar que la información llega a todos los alumnos y también porque la seguridad que sienten al encontrar todas las respuestas en sus concepciones, los hace persistir en las ideas y en las acciones que éstas sustentan, sin detenerse a pensar si están erradas o si pueden ser mejorables.

Los cambios implican no sólo formación del profesorado sino una mayor dedicación en tiempo y esfuerzo, ya que combinar nuevas estrategias orientadas al aprender a aprender, con la enseñanza centrada en contenidos resulta casi imposible. Dar la palabra al estudiante exige al profesor la capacidad de escuchar y comprender la diversidad de respuestas y niveles de logro del aprendizaje.

En muchas oportunidades la resistencia de los docentes al cambio, esconde una formación deficiente en los aspectos relacionados con la didáctica y con la construcción del conocimiento científico. Al igual que los estudiantes los profesores son egresados de programas profesionales donde no obtuvieron ninguna formación para ejercer la docencia o también se da el caso que en su período de formación como docentes no lograron aprendizajes significativos, no replantearon sus concepciones, plagadas a veces de prejuicios y errores conceptuales.

Las invitaciones a estudiar, reflexionar y cambiar para transformar la práctica docente son tomadas con frecuencia como una ofensa, porque se interpretan como una crítica, como evidencia de que se están observando debilidades y, esto no lo

quiere reconocer el profesor que pierde todos los alumnos de un curso porque cancelan, desertan o suspenden.

“Para muchos docentes, las culturas tradicionales de la enseñanza significan que:

- ◆ no es fácil recibir ayuda;
- ◆ es difícil comprometerse con el cambio;
- ◆ es difícil someterse a la influencia de alguien que nos ayude;
- ◆ la ayuda es una amenaza para la autoestima, la integridad y la independencia;
- ◆ al principio, no es fácil ver con claridad los problemas propios;
- ◆ a veces, los problemas parecen demasiado grandes, abrumadores o exclusivos para compartirlos con facilidad;
- ◆ no es fácil confiar en una persona extraña y abrirse con ella” (Egan, 1982) en (Day, 2005).

La historia de la humanidad ha demostrado que los cambios radicales y urgentes no son fáciles y muchas veces no son positivos o no se pueden lograr o se consiguen resultados muy diferentes a los esperados. Por eso en las instituciones educativas donde todos los miembros de la comunidad académica somos aprendices se deben emprender en forma gradual, concertada y sobre todo voluntaria.

2.3.5 El desconocimiento de las ideas previas

[...] los programas educativos deben proporcionar a los alumnos la base necesaria para comprender cómo y por qué se relacionan nuevos acontecimientos con lo que ellos ya saben y transmitirles la seguridad afectiva de que son capaces de utilizar estos nuevos conocimientos en contextos diferentes (Novak y Gowin, 1988).

En el aprendizaje de las Ciencias es muy frecuente encontrar un buen número de estudiantes y profesores desmotivados por el bajo rendimiento. Esta situación es motivo de preocupación, para los estudiantes que aunque no se preocupen por

aprender si se preocupan por pasar, especialmente aquellos que cursan carreras donde las asignaturas no son troncales, pero sí requisito. Y, cuando una situación de éstas se presenta lo primero que se quiere conocer son las causas, es común que se atribuyan responsabilidades, los profesores dicen que los responsables son los alumnos, los maestros de los niveles anteriores de escolaridad y hasta los padres; los alumnos dicen que el profesor no sabe enseñar, las directivas académicas no se preocupan mucho y cuando lo hacen generalmente dicen que son los alumnos y en menor medida los profesores.

Para salir de esta discusión y seguir adelante, digamos nuevamente que se debe a la desmotivación, porque como dice Pozo y Gómez (1998), "La investigación Psicológica, ha demostrado la importancia de la motivación en el aprendizaje. Sin motivación no hay aprendizaje. Dado que el aprendizaje, al menos el explícito e intencional, requiere continuidad, práctica, esfuerzo, es necesario tener motivos para esforzarse, es necesario (en la etimología de la palabra motivación) moverse hacia el aprendizaje".

Pero, debemos preguntarnos por qué están desmotivados? por qué no se esfuerzan? En primera instancia, podemos suponer que la razón más importante es porque no aprenden. Para que no se produzca el aprendizaje hay causas de diferente orden, Campanario y Otero (2000), dicen "nos concentramos en un conjunto de causas que tienen un denominador común: lo que los alumnos *saben* (**ideas previas**), *saben hacer* (**estrategias de razonamiento**), *creen* (**concepciones epistemológicas**) y *creen que saben* (**metacognición**). Parafraseando a Pozo (1987), podemos afirmar que estos elementos conforman una especie de «conspiración cognitiva» contra el trabajo del profesor de ciencias y constituyen obstáculos formidables que dificultan enormemente el **aprendizaje** significativo de las ciencias por parte de los alumnos".

En la primera página del libro Psicología Educativa de Ausubel et al (1993), leemos que "si tuviese que reducir toda la psicología educativa, a un solo principio, enunciaría este: el factor más importante que influye en el aprendizaje

es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente". Sin embargo, es común que ni los estudiantes, ni los profesores sean conscientes de esta situación, ya que aunque muchos años se está hablando de la evaluación diagnóstica, como una estrategia que apoya a los actores del aula, para que se reconozcan a sí mismos y a los otros en la empresa del proceso educativo, ésta no se realiza cabalmente y generalmente si se hace para cumplir el requisito, los resultados no se aprovechan para que cada uno se vea a sí mismo frente al nuevo reto.

La estructura cognitiva se modifica y se producen los cambios esperados en los saberes, en el saber hacer y sobre todo en el Ser, si lo que el alumno recibe puede ser aprendido, y como el proceso no consiste en dar y recibir automáticamente, borrando lo que sabe o acumulándolo con lo que sabe, hay que averiguar no solo por lo que sabe sino, también por su calidad. Porque este saber que lo encontramos en las investigaciones en didáctica como ideas previas, pueden ser a su vez, prejuicios o errores conceptuales que seguramente se convertirán en una especie de obstáculos epistemológicos en el aprendizaje.

No sólo los profesores desconocen las ideas previas de los alumnos, sino que los propios alumnos no son conscientes de su saber y de la calidad de éste. Además no se sabe cómo razonan con ellas. Las investigaciones al respecto describen situaciones inquietantes sobre las ideas alternativas, las estrategias de razonamiento y las concepciones epistemológicas de los alumnos. En primer lugar, los estudiantes tienen dificultades para aplicar estrategias de pensamiento formal en contextos en los que no están acostumbrados y mantienen ideas alternativas científicamente erróneas que resisten a los métodos de enseñanza tradicionales (Campanario, 2004).

La enseñanza habitual no tiene en cuenta lo que los alumnos saben, ni tampoco logra despertar su interés hacia las temáticas de los estudios científicos. En particular no tiene en cuenta que:

- No se incluyen actividades que permitan sacar a la luz las posibles concepciones alternativas del alumnado;
- No se critica el conocimiento cotidiano ni las evidencias de sentido común sobre los conceptos implicados;
- No se tiene en cuenta la historia de la ciencia y, en particular, los problemas y obstáculos epistemológicos que se tuvieron que vencer y que también pueden constituir dificultades de aprendizaje;
- No se proponen actividades que permitan saber si los alumnos han comprendido realmente los conceptos introducidos;

Muchas de las dificultades para lograr el aprendizaje se originan en que "La mayoría de las personas no saben lo que saben" (Novak y Gowin, 1988), no saben cómo saben lo que saben, y aunque el reconocer las ideas previas no conduce automáticamente al mejor aprendizaje, si es el punto de partida para que estudiantes y profesores encuentren las razones por las cuales los estudiantes no aprenden lo que se les quiere enseñar. "Sin embargo, hoy sabemos que los alumnos mantienen un conjunto diverso de **ideas previas** o preconcepciones sobre los contenidos científicos que casi siempre son erróneas y se reconoce unánimemente que estas **ideas previas** son uno de los factores clave que, como se argumenta más adelante, deben tenerse en cuenta como condición necesaria (aunque no suficiente) para un aprendizaje significativo de las Ciencias" (Campanario y Otero, 2000).

Es frecuente encontrar semestre tras semestre los mismos errores como si se tratara de los mismos alumnos, esto lleva a reflexionar sobre la persistencia de estos errores y a encontrar que en algunos casos el origen está en la enseñanza, porque el profesor también posee el error o porque la estrategia que usa lleva a los alumnos a construir concepciones erróneas. Porque los estudiantes no saben que no saben (metainignorancia), pero esto también se debe a que no existen las opciones para reconocerse, para ver los problemas, deficiencias y errores en sus concepciones. La escasa frecuencia de trabajo con los errores de los alumnos como estrategia de enseñanza y aprendizaje demuestra el desinterés por superar este obstáculo inicial que influye significativamente en los logros que debe alcanzar el estudiante.

Además, hay que tener en cuenta como dicen Campanario y Moya (1999), que

"La aceptación o no de las nuevas ideas y el rechazo de las ideas previas depende en gran medida de los patrones metacognitivos de los alumnos: ¿satisface una nueva concepción las lagunas que plantea la anterior?, ¿es capaz el alumno de detectar fallos en la capacidad explicativa de sus propias ideas?, ¿cómo comparar el poder explicativo, sin duda elevado, de las concepciones previas con el de las nuevas concepciones, etc.? Los interrogantes anteriores responden a la necesidad de tener en cuenta problemas como las dificultades de los alumnos para detectar discrepancias o inconsistencias en un razonamiento científico (Campanario y Otero, 2000).

El cambio conceptual se apoya en el conocimiento por parte del docente de las ideas previas de los estudiantes, sus errores y sesgos sobre los conocimientos que más tarde les serán explicados. La enseñanza por este método procura modificar estas ideas previas inadecuadas para poder acomodar satisfactoriamente las nuevas (León y Montero, 1998).

2.3.6 El diseño de los textos de estudio

Los libros de texto y complementarios siguen siendo un recurso muy importante a la hora de diseñar estrategias de enseñanza y aprendizaje y una fuente invaluable para estudiantes y profesores que desean estudiar, reflexionar y construir en forma individual sus conceptos y concepciones. Sin embargo, se tienen serias dificultades con los libros de texto que se deben a diversas causas, entre ellas la especificidad del vocabulario, la estructuración deficiente de los textos y la excepcional densidad de la información (Baker, 1994).

En los libros puede el estudiante encontrar elementos de motivación para su dedicación al estudio de las ciencias, al ponerse en contacto con la historia de las teorías, con los procesos seguidos para enunciar una ley, un principio o una teoría; o al conocer los motivos que han llevado a la reevaluación de una teoría o al

observar los procesos metodológicos seguidos en la investigación científica. Las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente que en estos procesos se encuentren pueden llevar al estudiante a percibir y comprender mejor el mundo que le rodea. En general los libros pueden contribuir a desarrollar actitudes positivas hacia el aprendizaje de las ciencias, no sólo como asignatura sino como profesión, pero sin embargo, no son en forma generalizada una fuente confiable, no responden a las expectativas que de ellos se tienen y frecuentemente responden en forma negativa a lo que de ellos se espera.

Los libros de texto producidos por expertos o por profesores de las asignaturas presentan problemas de diferente índole.

a. Según Campanario (2004), presentan falsedades y errores

No es raro que los libros de texto contengan falsedades históricas sobre los descubrimientos científicos. Algunas de estas falsedades persisten durante años. Así, por ejemplo, en contra de lo que se suele creer, el sistema copernicano no era inicialmente más preciso que el ptolemaico [Kuhn, 1978], no existen pruebas de que Galileo realizara algunos de los experimentos que se le atribuyen [Di Trocchio, 1995], ni fue el experimento de Michelson-Morley lo que llevó a Einstein directamente a la teoría de la Relatividad [Holton, 1982].

El conocido físico Richard Feynman denunció los errores e imperfecciones de los manuales escolares de ciencias: "La causa de aquello estribaba en lo infames que eran los libros. Eran falsos. Estaban escritos con prisas. Pretendían ser rigurosos; pero luego usaban ejemplos que casi estaban bien pero nunca estaban bien del todo (como el de usar los coches de la calle como ejemplo de conjunto); siempre tenían alguna pega. A las definiciones les faltaba precisión. Todo era un poco ambiguo; los autores no eran lo bastante listos como para comprender lo que significa "rigor"; solo lo fingían. Pretendían enseñar algo que ellos no comprendían, y lo que es más, algo que, de hecho, al alumno le era totalmente inútil en ese momento" [Feynman, 1987].

Los manuales escolares incluyen a veces errores conceptuales [Campanario, 2001b]; [Campanario, 2002e]; [Iona, 1991]; [Camacho, Galache y Rodríguez, 1990]; [Fraile, García, García, Rodríguez y Rubio, 1997]. Este es quizá el pecado más grave que se puede cometer al elaborar un recurso que se suele considerar el depósito del conocimiento correcto y certificado. Sin embargo, a pesar de la abundancia de errores detectados en los textos educativos, resulta sorprendente comprobar como todavía no disponemos de una taxonomía coherente y completa para clasificarlos.

Muchas veces los libros de texto contienen errores e imprecisiones que dificultan el aprendizaje significativo. Son muchas las evidencias que demuestran que los manuales escolares de ciencias contienen errores e imprecisiones de diverso tipo. En general, la investigación en este terreno se ha limitado a la enumeración, clasificación y, a veces, corrección de los errores e imprecisiones. Si bien en algún caso, los investigadores han ido más allá y han relacionado las deficiencias en los libros de texto con la comprensión inadecuada por los alumnos de los conceptos científicos.

b. No tienen en cuenta los prerrequisitos para la construcción del nuevo concepto

Los libros de texto se organizan por capítulos, desarrollando los temas de un programa de estudio, intentando darles continuidad sobre la suposición de que los temas anteriores se aprendieron significativamente y que los estudiantes deben estar en capacidad de relacionarlos con los nuevos. Esta suposición se convierte en un obstáculo para el aprendizaje, porque es posible que los estudiantes estén acumulando dudas, confusiones y hasta errores conceptuales, ya que la aprobación de la materia no quiere decir que se han logrado los mejores aprendizajes.

Aunque no se pide que los textos repitan las temáticas anteriores si se espera que planteen estrategias que induzcan a los estudiantes a revisar y relacionar sus conceptos con los nuevos, para verificar las dificultades y buscar sus posibles causas, en un proceso de aprendizaje que consulte las diferencias individuales y motive la responsabilidad de cada uno de los usuarios del texto en la construcción de nuevos conceptos y por ende en el logro de aprendizajes significativos.

c. No tienen en cuenta las dificultades de aprendizaje detectadas por la investigación en didáctica de las ciencias

Generalmente los libros de texto formulan los conceptos ya elaborados, sin situar al estudiante en el contexto histórico de la época en la cual fueron construidos, sin expresar las dificultades existentes y la situación problemática a la cual dieron solución.

Es frecuente el tratamiento sólo matemático cuantitativo de los conceptos y muy poco el análisis cualitativo, que es el que realmente permite el desarrollo de habilidades cognitivas tales como el análisis, la inducción, la deducción, la comparación y la interpretación como inherentes al proceso de construcción de nuevos conceptos.

Las dificultades para alcanzar un aprendizaje significativo se prolongan del aula al texto, también debido a la carencia o a la pobre relación ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente, ya que los supuestos aprendizajes no propician una mejor visión del mundo que los rodea, ni permiten desarrollar las capacidades para intervenir en la transformación responsable de su medio ambiente.

Los libros de texto, generalmente, no plantean actividades que enfrenten al estudiante a situaciones problemáticas, donde tenga que contrastar sus ideas espontáneas con las concepciones científicas,

para detectar las incoherencias y posibles errores que se pueden convertir en obstáculos para su aprendizaje.

d. Falta de coherencia entre los planteamientos teóricos y las aplicaciones requeridas en la resolución de ejercicios

Es común que en los textos se presente la teoría como un apartado y luego bajo el título de ejercicios se planteen las acciones que requieren operaciones matemáticas o mecanicistas, que el estudiante puede abordar independientemente de la comprensión que haya logrado de la teoría, en una situación análoga a la que se da entre los cursos teóricos y los prácticos o de laboratorio. Esta situación induce al estudiante a la visión de las ciencias en general y de la química en particular, como un conjunto de recetas o algoritmos, cuyo uso mecaniza y emplea cuando una situación tipo así lo requiere, alejándolo del desarrollo de las capacidades necesarias para desempeñarse en la vida académica y posteriormente en el mundo laboral, que exige no sólo saber, sino saber hacer en cada contexto.

2.3.7 El diseño de las estrategias

El problema derivado de las estrategias está relacionado tanto con los profesores como con los estudiantes. Los métodos de estudio suelen ser improvisados, poco reflexivos, carentes de rigor. Problemas por el

desconocimiento de estrategias adecuadas para aprender significativamente, carencia de una base de conocimientos suficiente que le permita crear redes elaboradas de conocimiento, desconocimiento de las estrategias adecuadas para aprender eficazmente, excesivo uso de estrategias simples en detrimento de otras más complejas y eficaces, desconocimiento de las condiciones para el empleo de una estrategia conocida, persecución de metas personales que no favorecen el empleo de las estrategias adecuadas y falta de supervisión de la comprensión y del aprendizaje (González et al, 2002).

De otro lado, las estrategias de enseñanza tradicionales basadas principalmente en la exposición por parte del profesor con la intención de transmitir la información y de explicar en el mejor de los casos, se convierten en una causa significativa del fracaso escolar. No responden a las demandas socioculturales de nuestro tiempo, ni se ajustan a los principios de construcción del conocimiento. Porque se da el conocimiento como acabado e imperfectible, al estudiante le está vedado el

proceso metodológico, las hipótesis que dieron lugar a las generalizaciones, las dificultades que debieron vencerse, así como los errores y equivocaciones que debieron reconocerse y corregirse.

En este mismo sentido Furió (1997), afirma que:

Los avances recientes de la investigación didáctica están obligando a replantear en profundidad los objetivos de aprendizaje de las Ciencias y, por tanto, de la Química. Las perspectivas actuales sobre qué se entiende por *aprender Química* están cambiando, están ampliándose (Fensham 1992). Van quedando atrás aquellas visiones que reducían el aprendizaje de las Ciencias exclusivamente a la adquisición de *conocimientos científicos*, es decir, a la asimilación del cuerpo de conocimientos teóricos aceptados por la comunidad científica.

Los escenarios de aprendizaje y de instrucción muchas veces no están pensados teniendo en cuenta las características de los aprendices y de sus maestros (Pozo, 1999). Se conservan escenarios para unos modelos y estilos de enseñanza que no corresponden con la necesidad de enseñar a aprender, porque como ha dicho la UNESCO más que aprender, se debe aprender a aprender, dado que tenemos que aprender muchas cosas distintas con fines diferentes y en condiciones cambiantes, es necesario que sepamos adoptar estrategias diferentes para cada una de ellas (Pozo, 1999).

En la práctica cotidiana del aula estas condiciones de aprendizaje no se cumplen, por el contrario, se convierten en obstáculos debido principalmente a las carencias en la formación de los profesores para orientar los procesos de enseñanza y de aprendizaje. El desconocimiento de los logros en las investigaciones didácticas que por ejemplo, han puesto de relieve que el alumno llega a vivir su proceso de aprendizaje con concepciones previas que, pueden entrar en conflicto con lo que el profesor pretende enseñar y obstaculizar el aprendizaje. Es posible que estas concepciones sean erróneas debido a deficientes aprendizajes o a la persistencia de ideas y teorías que tuvieron su vigencia en el pasado y que al vulgarizarse forman parte de una cultura de tradición oral adquirida por los jóvenes en el proceso de socialización en su familia o en su entorno inmediato.

Lo anterior llama a la reflexión sobre la forma como aprenden los alumnos y sobre cómo se debe enseñar, ya que “aprender y enseñar, lejos de ser meros procesos de repetición y acumulación de conocimientos, implican transformar la mente de quien aprende, que debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos” (Pozo y Gómez, 1998).

Por ello, los avances obtenidos en la comprensión de cómo aprenden los alumnos, han puesto en evidencia la necesidad de producir cambios en las estrategias de enseñanza y de aprendizaje; cambiar el modelo de profesor al del profesor como mediador, como facilitador. Fundamentalmente desde la década de los noventa, la investigación se ha preocupado por indagar y esclarecer la naturaleza y características de las concepciones subyacentes en las estrategias docentes.

El punto de partida común de estos trabajos radica en la consideración de que determinadas formas de orientar evidencian cómo los profesores transmiten sus propias concepciones a los alumnos a veces implícitamente y de formas bastante sutiles; así pues, lo que un profesor considera un buen aprendizaje, aquellas estrategias que le parecen más válidas y adecuadas para aprender el contenido que está enseñando, constituye una parte del conocimiento que está en la base de su forma de enseñar (Castelló, 2001), además, está en el sentido que el estudiante otorga a la acción de enseñar, todo ello, en muchos casos, en el contexto del más claro desconocimiento de los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias naturales.

Por otro lado, las estrategias de enseñanza y aprendizaje adolecen del problema de la fragmentación y mecanización. El diseño de los programas de las asignaturas por capítulos o unidades separadas, induce a la visión del mundo de forma fragmentada. Para cada capítulo se realizan unas actividades, que se repiten cada curso aunque los resultados hayan sido poco satisfactorios.

Una descripción muy clara sobre estas falencias la ofrece Furió (2001), cuando dice:

explica el

En resumen, la enseñanza por transmisión ordenada de los conocimientos científicos elaborados es lógico que no logre evitar el fracaso escolar en el aprendizaje de conceptos y en la resolución de problemas. Por una parte, esta transmisión directa de los conceptos, leyes y teorías científicas no deja opción a la construcción activa de conocimiento por parte del aprendiz. Por otra parte, esta transmisión de la ciencia se realiza, en general, de manera aporreada y terminal sin ninguna referencia a los procesos, debates, cuestiones, etc., que condujeron a su construcción. Se da una visión distorsionada e incorrecta del trabajo científico, donde se ocultan los aspectos metodológicos de estas construcciones, su carácter hipotético y creativo y, también, los aspectos sociológicos ya que ni siquiera se exponen los conflictos ideológicos, sociales, etc., que surgieron en el tratamiento de esas ideas científicas.

2.3.8 La actitud negativa de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias

Las actitudes son posiblemente el contenido más difícil de abordar para muchos profesores acostumbrados y preparados para enseñar a los alumnos las leyes de la dinámica, cómo se ajusta una ecuación química o cuáles son las partes de una célula; pero menos preparados y dispuestos para enseñar a sus alumnos a comportarse en clase, a cooperar y ayudar a los compañeros o incluso a descubrir el interés por la ciencia como forma de conocer el mundo que nos rodea (Pozo y Gómez, 1998).

En aquellas carreras donde las asignaturas de Ciencias, particularmente la Química, no son troncales un gran número de estudiantes suele tener una actitud negativa antes de iniciar. Las expectativas suelen ser de fracaso al ver las experiencias negativas en el historial de la asignatura. Ellos no son conscientes de que “la actitud hacia una disciplina reviste una decisiva importancia para el logro de la necesaria motivación en el aprendizaje de la misma, en especial cuando presenta las dificultades propias de la Química (De Morán et al, 1995).

Muchos estudiantes en todos los niveles se esfuerzan por aprender Química, pero, a menudo fracasan, la búsqueda de las razones ha sido objeto de muchos estudios y una respuesta posible que empieza a emerger es que muchos estudiantes no

comprenden apropiadamente los conceptos básicos de Química y por esto no pueden comprender los conceptos más avanzados (Nakhleh, 1992).

Lejos de cumplir con los propósitos de promover una actitud científica y desarrollar la capacidad investigativa la enseñanza de las ciencias ha logrado una imagen negativa con muchos estudiantes, ya que su complejidad los lleva a considerarlas como disciplinas tediosas, especialmente, cuando no logran comprender los conceptos, teorías y principios fundamentales. Porque lo que se hace es, [...] reducir la "actitud científica" a la aplicación ciega de unos procedimientos preestablecidos, es lo opuesto del espíritu de curiosidad, indagación y autonomía que deben caracterizar al hacer científico (Pozo y Gómez, 1998).

Lo anterior se debe en parte a la persistencia de métodos memoristas y mecanicistas de estudio que dificulta aún más la comprensión cuando se trata de relacionar teoría y práctica en los laboratorios, en la resolución de problemas o cualquier otro trabajo práctico, también se puede deber a que "muchas veces la escuela arremete al ego de los estudiantes, debido a las pocas satisfacciones intrínsecas que ofrece la instrucción arbitraria, memorista y llena de palabrería, tan corriente en las aulas" (Novak y Gowin, 1988).

Por ejemplo, muchos estudiantes recuerdan el principio de Le Chatelier, los principios de la mecánica o el principio de conservación de la masa, sin embargo, no llegan a captar su significado. Si se les plantean tareas en las que deben utilizar los conceptos científicos, cuyos principios y leyes recuerdan perfectamente, estos alumnos suelen utilizar otras concepciones que no son las científicas. Hay otros conocimientos en la *memoria semántica academicista* que son producto de malas interpretaciones, enseñanzas o aprendizajes defectuosos que no están de acuerdo con lo prescrito por la ciencia (De Posada, 1996).

También se puede deber a lo que Porlán (1999), llama el trasfondo poco democrático y participativo. Hace referencia además del desconocimiento de los

intereses de los alumnos, al *absolutismo epistemológico y didáctico* que se ve claramente en el modelo de transmisión verbal. Es decir, la idea de que la ciencia es una forma superior de conocimiento y de que, en consecuencia los contenidos escolares son conocimientos acabados y verdaderos deja literalmente fuera del proceso educativo el mundo de las ideas y las experiencias de los alumnos y constituye una forma encubierta de autoritarismo que impregna profundamente nuestras instituciones educativas.

El rechazo y la actitud negativa hacia el aprendizaje de las ciencias por su complejidad ponen en evidencia grandes deficiencias en la enseñanza. La consideración inicial de la didáctica como meramente procedimental desligada de la fundamentación teórica, ya que los profesores de ciencias no encontraban conocimientos que explicaran las acciones docentes en su campo particular, aunque sí habían reconocido que no se puede hablar del aprendizaje o del conocimiento en general (Perales y Cañal, 2000).

Los estudiantes suelen usar la estrategia de la memorización aún en el aprendizaje de las ciencias, es frecuente que aprendan un camino para resolver un problema y ni siquiera piensan que puede haber otros caminos de resolución, pero, estas y otras muchas situaciones no son presentadas por los profesores cuando en el seno de un colectivo se discute sobre las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje, de lo que se habla es de los problemas actitudinales, falta de interés, de dedicación, del poco interés por la ciencia y por la lectura de artículos científicos, sin embargo, en los planeamientos y acciones no figuran mediaciones ni intervenciones que afecten las actitudes de manera intencional.

En el ámbito universitario nos hemos encontrado con las anteriores razones y muchas otras que podemos leer en múltiples publicaciones. De la mano de Pozo y Gómez (1998), vamos a analizar las experiencias con el fin de obtener elementos que permitan clarificar el problema e indagar sobre las causas y posibles soluciones:

Pozo y Gómez (1998)	Indicadores
La sensación de frustración al comprobar el limitado éxito de sus esfuerzos docentes que cunde entre los profesores de ciencias.	Repitencia, deserción, actitud negativa hacia el aprendizaje de las Ciencias, escasa participación, poco interés, baja motivación.
Baja significatividad en el aprendizaje.	Los estudiantes no cambian algunos comportamientos como se esperaba después de estudiar Ciencias. Dificultad para explicar los nuevos conceptos. Lo "aprendido" se olvida rápidamente.
Casi ningún desarrollo de competencias.	Suelen estudiar para aprobar, no comprenden la intencionalidad, no hay reciprocidad. No logran aplicar lo que aprenden a nuevas situaciones o a situaciones problema.
Los estudiantes afrontan la resolución de problemas de modo repetitivo.	Tradicionalmente se resuelven mediante procedimientos estáticos y rutinarios. No fundamentan las acciones
Conciben el aprendizaje como una actividad sólo reproductiva o acumulativa.	Los exámenes se conocen como parciales porque se fragmentan los contenidos para el proceso evaluativo. Se realiza muy poca reelaboración de la información recibida.
Reducir la actitud científica a la aplicación ciega de unos procedimientos preestablecidos es lo opuesto del espíritu de curiosidad, indagación y autonomía que deben caracterizar al hacer científico.	Los procesos de investigación se viven sin reflexión y fundamentación. Solamente hay plena conciencia de las vivencias en investigación en el proyecto de grado, donde solamente se adoptan actitudes de emergencia. Se asume la experimentación como la aplicación de una receta de cocina.
A partir de la educación secundaria, la formación en actitudes apenas ha tenido relevancia si se compara con la formación cognitiva.	Los profesores se niegan a reflexionar sobre las competencias actitudinales y axiológicas. Los estudiantes son jóvenes que modifican significativamente en la universidad sus concepciones y actitudes. En la evaluación no se tienen en cuenta las actitudes. Aún en la evaluación de procedimientos se desconocen las actitudes.
[...] habitualmente los alumnos han aprendido actitudes -muchas veces indeseables- pero sus profesores no se las han enseñado de modo deliberado, sino de modo implícito.	Los estudiantes adoptan actitudes como reacción a las exigencias de los profesores. Dedicar poco tiempo a estudiar porque el profesor de alguna manera les ha dicho que no son tan inteligentes como lo exige el aprendizaje en ciencias. Se vuelven facilistas, estudian para pasar pero no para aprender.
Cuando el alumno haya olvidado buena parte de los conocimientos conceptuales y procedimentales	Cuando se reúnen en encuentros de compañeros narran en forma jocosa los comportamientos que asumieron para aprobar.

que aprendió, seguramente aún perduren en él buena parte de las actitudes a través de las cuales adquirió esos conocimientos ya olvidados.	Recuerdan las salidas de casillas de los profesores. Imitan consciente o inconscientemente al profesor en sus acciones profesionales o docentes.
No podemos suponer que los alumnos estén motivados por aprender ciencias.	Tienen muchas opciones para ocupar su tiempo. Prefieren utilizar su tiempo en acciones que producen resultados positivos e inmediatos. Los profesores de ciencias no suelen reconocer méritos en el éxito de los estudiantes
Los estudiantes poseen ideas previas que pueden ser errores conceptuales.	En las preguntas abiertas se encuentran respuestas que expresan concepciones erróneas. Al tomar un curso es frecuente encontrar que los estudiantes poseen concepciones erróneas sobre los temas estudiados en el semestre anterior.

Las anteriores razones fundamentan decididamente la influencia de la motivación tanto en las actitudes como en el fracaso escolar. Porque según Gagné (1977), uno de los principales factores de la motivación es la actitud, que puede definirse como un estado motivacional perceptual que dirige la acción. Y las actitudes son estados internos adquiridos, que ejercen influencias sobre la elección de la acción personal hacia las cosas, personas o acontecimientos. Por las anteriores razones conviene llamar la atención sobre la importancia de conocer y reconocer la actitud con la que se aborda el aprendizaje de una asignatura. Así como Ausubel et al (1993), llaman la atención sobre los saberes previos, se debe llamar la atención sobre la actitud previa, que puede estar compuesta de rechazos al profesor, a la asignatura, al horario, a las pruebas, etc.

Hoy con la tendencia de la formación por competencias aparece la oportunidad para orientar un proceso formativo que lleve realmente a la formación integral. Las competencias Académicas y sociales que se desarrollan en la escuela, son a su vez cognitivas, axiológicas y actitudinales para propiciar el desarrollo del estudiante como persona, como ciudadano y como profesional. Para cambiar las actitudes que ya mantienen los alumnos incompatibles con el conocimiento científico o con su aprendizaje, se va a requerir hacer explícito en el diseño curricular el enunciado de competencias actitudinales y las estrategias para lograrlo (Pozo y Gómez, 1998).

2.4 QUE HAN DE SABER Y SABER HACER LOS PROFESORES DE CIENCIAS

Dicen Gil et al (1991), en la “Propuesta basada, por una parte, en la idea de aprendizaje como construcción de conocimientos con las características de una investigación científica y, por otra parte, en la necesidad de transformar el pensamiento espontáneo del profesor”.

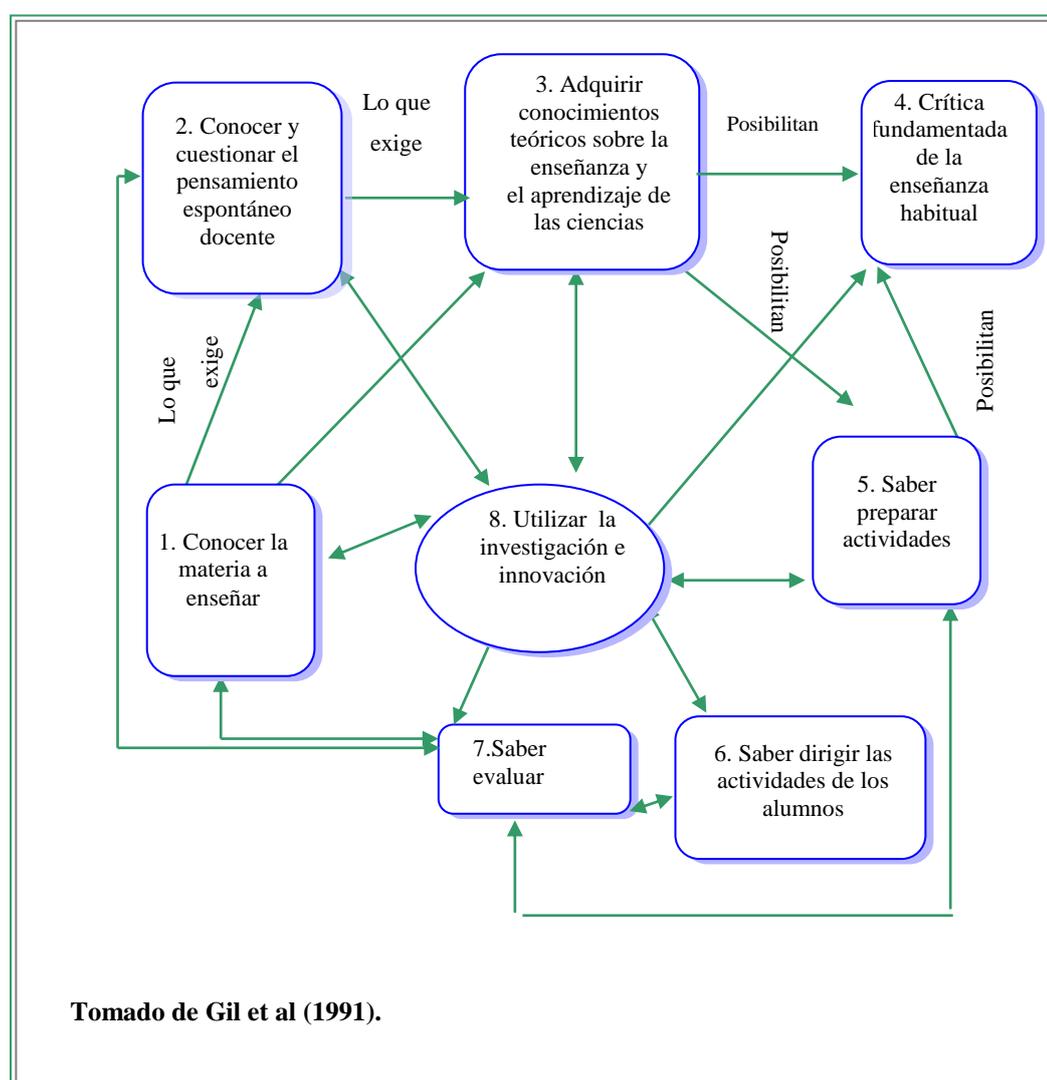


Figura 3.1: Que han de saber y saber hacer los profesores de Ciencias

2.4.1 Conocer la materia a enseñar

Si hay algo en lo que se muestre un consenso absolutamente general entre el profesorado – cuando se plantea la cuestión de qué debemos saber y saber hacer los profesores de Ciencias – es sin duda en la importancia concedida a un buen conocimiento de la materia a enseñar (Gil y Pessoa, 1994).

El saber docente hace referencia, de una parte, al dominio de la disciplina que enseña y al desarrollo de las capacidades para investigar y para construir conocimiento en el campo específico en el que realiza la labor docente. El contenido que es compartido con los estudiantes tanto como los hechos, teorías, argumentaciones e ideas del tema que se enseña, forman parte del proceso educativo no sólo del estudiante sino del docente. La forma como el profesor expresa lo que sabe también se convierte en una enseñanza, en este sentido, el profesor expresa el estilo que mejor se adapta a las áreas de contenido que está trabajando.

De otra parte, el saber involucra las ideas de los profesores acerca del conocimiento científico, su naturaleza y su relación con otros conocimientos; las concepciones pedagógicas que incluyen aspectos relacionados con la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación en la universidad y las relaciones entre las concepciones científicas y las pedagógicas. El saber estudiado en la universidad es un conocimiento elaborado por procesos sistemáticos y estructurados, pero la actividad formativa requiere de vivencias y actuaciones creativas a través de las cuales el docente muestra su comprensión de la disciplina, del campo de estudio y del grupo de estudiantes (Callejas et al, 2001).

Aunque Hernández y Sancho (1994), dicen que “para enseñar no basta con saber la asignatura”, ellos mismos reconocen que la necesidad de poseer un conocimiento profundo de la materia a enseñar no admite duda. Lo que no está tan generalizado es el qué significa profundidad en el conocimiento. Establecer una tipología de contenidos conceptuales, como guía de construcción del saber tiene

claras ventajas: sirve para catalogar los diversos tipos de conocimientos del ámbito del saber y ayuda a establecer elementos para cuestionar y reelaborar las concepciones. La estructura se constituye como lo explican Bloom et al (1981), con el conocimiento de la terminología, de los hechos específicos, de las convenciones, de las tendencias y secuencias, de las clasificaciones y categorías, de los criterios, de la metodología, de los principios y generalizaciones, de las teorías y estructuras y de las interacciones ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente.

- ◆ **Conocer la terminología**, los conceptos designan conjuntos de objetos, hechos o símbolos que tienen características comunes y que se identifican con el mismo nombre (Gargallo, 2000). Como vocabulario técnico corresponde al dominio que el profesor tenga de los conceptos básicos de la disciplina que pretende enseñar, la orientación del aprendizaje significativo de un concepto implica que el profesor posea esa capacidad de ver y explicar el mundo a través de ellos, así como de idear soluciones en las cuales se involucren. De no ser así, en muchos casos, les resultará imposible hablar de los problemas específicos sin recurrir al uso de los conceptos que les permitan realizar elaboraciones explicativas o procedimentales. Como dicen Ausubel et al (1993), “quienquiera que se detenga lo suficiente para concederle al problema –de los conceptos– algún pensamiento serio no podrá eludir la conclusión de que el hombre vive en un mundo de conceptos en lugar de objetos, acontecimientos y situaciones [...] La realidad, hablando en sentido figurado, se percibe a través de un filtro conceptual o de categorías; esto es, del contenido cognoscitivo que un grupo de palabras habladas o escritas provoca en el receptor de un mensaje...”

- ◆ Sobre los hechos Merrill (1983) citado por Monereo (1997), afirma que se entienden como piezas de información asociadas de manera arbitraria, tales como un nombre propio, una fecha, un evento, que relacionan, explican y contextualizan el objeto de estudio. Por ello cuando el profesor **conoce los hechos específicos** de los movimientos de la ciencia que han llevado a revolucionarios cambios, puede despertar en los estudiantes el deseo de conocer

la historia de la ciencia y la capacidad para reconocer y valorar las causas que han producido estos cambios, así como el deseo de participar en procesos de investigación.

- ◆ “Conocer las **orientaciones metodológicas** empleadas en la construcción de los conocimientos, es decir, la forma en que los científicos abordan los problemas, las características más notables de su actividad (Gil, 1985, en Gil et al, 1991)...” Este conocimiento permite a los profesores retomar estrategias metodológicas en desuso que no han perdido su vigencia en la construcción del conocimiento o en el redescubrimiento o en la reelaboración tan necesarias en la orientación del aprendizaje.

- ◆ **El conocimiento de las convenciones**, hace referencia “al conocimiento de los modos y medios de tratar y presentar las ideas y los fenómenos. Se trata aquí de los usos y prácticas que los especialistas de un campo determinado han descubierto que se adaptan mejor a sus propósitos o responden de manera más adecuada a la naturaleza de los fenómenos que les interesan” (Bloom et al, 1981).

- ◆ **El conocimiento de las tendencias y secuencias**, incluye el conocimiento de los procesos, direcciones y movimientos temporales de los fenómenos. Los diferentes movimientos van superando tendencias o formas de ver las cosas, pero entre ellas existen vínculos por similitud o diferencia, que construyendo una estela a modo de contexto en el que se desarrollan procesos y movimientos dinámicos en los cuales se va recreando la ciencia o se explican transitoriamente los fenómenos.

- ◆ **El conocimiento de las clasificaciones y categorías**, implica el conocimiento de las clases, conjuntos, divisiones y ordenamientos que son considerados fundamentales o útiles en un campo, propósito o razonamiento determinado. En la clasificación hay mucho más que la simple agrupación en las categorías, está implícito un principio organizador que ordena las características, da sentido a

las diferencias y semejanzas y hace posibles las relaciones. En un muy poco espacio se construye un universo de relaciones, en donde al igual que en un mapa conceptual se arman proposiciones explicativas según el camino o ruta que se siga. Esta sistematización de los fenómenos muestra el alto grado de desarrollo del campo de estudio.

◆ **El conocimiento de los principios y generalizaciones.** Los principios son explicaciones o predicciones de por qué ocurren las cosas en el mundo. Un principio es un enunciado que describe cómo los cambios se producen en un objeto, un suceso, una situación (Gargallo, 2000). El conocimiento de los principios hace referencia al conocimiento de abstracciones específicas que resumen las observaciones, las ideas principales, esquemas y estructuras mediante los cuales se organizan los fenómenos y las ideas. “Éstas son las abstracciones que adquieren gran valor cuando se trata de explicar, describir, predecir o determinar la acción o dirección por seguir más apropiada y pertinente” (Bloom et al, 1981). El grado de comprensión de éstos principios y generalizaciones, fundamenta el “saber” sobre los objetos de estudio de la materia que se está enseñando.

◆ **El conocimiento de teorías y estructuras.**

Se refiere al conocimiento de las interrelaciones de los principios y generalizaciones, lo que presenta una visión clara, completa y sistemática de un fenómeno, problema o campo complejo. La profundidad de este saber implica cierto grado de especialización, ya que reúne todas las categorías anteriores, para lograr acciones comunicativas en las cuales se recrea y aplica el conocimiento.

Litwin (1997), comenta que en una publicación de 1994 Ángel Díaz Barriga sostiene que la organización de lo que se enseña ha sido clave en el debate didáctico. El contenido, tema clásico en la estructuración del pensamiento didáctico, fue objeto de análisis desde la perspectiva del orden en la enseñanza, ya en el pensamiento de Comenio. Dicho orden, que se planteó tradicionalmente en

la relación con la progresión y la secuencia, da cuenta de los criterios con los que se organizó el tratamiento del contenido.

John Dewey, a principios del siglo XX, fue el primer pedagogo que hizo un llamado para desarrollar una “ciencia de enlace” entre la teoría del aprendizaje y la práctica educativa; posteriormente Ralph Tyler también señaló la necesidad de contar con dicho cuerpo de conocimientos. Hoy se considera que el diseño didáctico o instruccional es esa “ciencia de enlace”, en tanto “cuerpo de conocimiento que percibe las acciones educativas e instruccionales que tienen el fin de optimizar los productos educativos deseados tanto en el terreno del desempeño cognitivo como en el afectivo (Estévez, 2002).

♦ **Conocer las interacciones Ciencia/Tecnología/Sociedad/Ambiente, asociadas a dicha construcción.**

El propósito de la relación CTS es promover la alfabetización en ciencia y tecnología, de manera que se capacite a los ciudadanos para participar en el proceso democrático de toma de decisiones y se promueva la acción ciudadana encaminada a la resolución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad (Membiola, 2001).

La nueva tendencia de enseñanza y evaluación por competencias ha abierto un camino más expedito para establecer la relación CTS, porque al partir de las competencias laborales se estudia el entorno que contextualiza estos procesos. En esta relación se abandona el aprendizaje repetitivo y mecánico para aprender transformando las concepciones previas a la luz de las nuevas ideas que le permitirán comprender las situaciones sociales, diagnosticar los posibles problemas y proponer soluciones a la luz del conocimiento científico. Se recorre el camino de la ciencia a la técnica y de la técnica a la sociedad y al contrario, devolviéndose de la sociedad que contextualiza a la técnica en la cual se ha aplicado el conocimiento científico.

En esta relación los estudiantes van formando una imagen diferente de la actividad científica y de la ciencia, al comprender los fenómenos que la ciencia estudia y explica. Esta imagen no sólo propicia un aprendizaje significativo sino que induce a la formación del espíritu científico y a la conciencia social, basada en la preocupación por encontrar en la ciencia y la técnica soluciones para mejorar la calidad de vida de la sociedad circundante.

Para Caamaño (2001), los objetivos básicos de esta orientación del *vitae* son:

- Promover el interés de los estudiantes por conectar la ciencia con las aplicaciones tecnológicas y los fenómenos de la vida cotidiana y abordar el estudio de aquellos hechos y aplicaciones científicas que tengan una mayor relevancia social.
- Abordar las implicaciones sociales y éticas que el uso de la tecnología conlleva.
- Adquirir una comprensión de la naturaleza y del trabajo científico.

En cuanto a las estrategias que pueden posibilitar el logro de estos objetivos básicos Membiela (2001), dice que “aunque resulta inadecuado decir que alguna estrategia de enseñanza sea exclusiva del enfoque CTS, si se puede señalar que la enseñanza CTS exige un repertorio de estrategias más variado que el utilizado en otros tipos de enseñanza (Aikenhead, 1988; Salomón, 1989)”. Entre las metodologías más utilizadas podemos mencionar las siguientes:

- Trabajo en pequeños grupos
- Aprendizaje cooperativo
- Discusiones centradas en los estudiantes
- Resolución de problemas
- Simulaciones y los juegos de roles
- Toma de decisiones
- Debate y las controversias
- Estudio de casos

2.4.2 Conocer y cuestionar el pensamiento espontáneo del docente

[...] los profesores de Ciencias, no sólo carecemos de una formación adecuada, sino que ni siquiera somos conscientes de las insuficiencias (Gil et al, 1991).

El estudio del pensamiento espontáneo o concepciones docentes ha sido objeto de investigación de los autores mencionados y en encuentros nacionales e internacionales, para conocer, comprender y transformar los procesos que gobiernan las acciones de los profesores.

Al igual que nos preguntamos sobre la incidencia de las ideas previas en los nuevos aprendizajes de los alumnos, dice Furió (1994), que debemos preguntarnos ¿No es posible, de manera analógica, que los profesores de Ciencias tengamos preconcepciones y actitudes respecto a la ciencia y la enseñanza que también puedan favorecer o impedir la adquisición de nuevos conocimientos didácticos?

Los docentes poseen lo que Porlán et al (1997), llaman el “conocimiento profesional ‘de hecho’, que suele ser el resultado de yuxtaponer cuatro tipos de saberes de naturaleza diferente, generados en momentos y contextos no siempre coincidentes, que se mantienen relativamente aislados unos de otros en la memoria de los sujetos y que se manifiestan en distintos tipos de situaciones profesionales.

Estos cuatro componentes se pueden clasificar atendiendo a dos dimensiones que explican la dificultad de construir un saber coherente con las demandas de la actividad profesional: dimensión epistemológica, que se organiza en torno a la dicotomía racional – experimental, y la dimensión psicológica, que se organiza, a su vez, en torno a la dicotomía explícito – tácito”.

Dicotomías	Nivel explícito	Nivel tácito
Nivel racional	Saber académico	Teorías implícitas
Nivel experimental	Creencia y principios de actuación	Rutinas y guiones de acción

Cuadro 1: Dimensiones y componentes del conocimiento profesional

Se hace referencia aquí al conocimiento práctico personal, entendido como las concepciones que posee el docente con las cuales explica y justifica sus acciones, son sus verdades. Las convicciones que surgen de la experiencia y que lo diferencian de los demás porque se van fortaleciendo con argumentos que justifican las acciones de enseñanza, evaluación y comunicación entre otras. Algunas veces los prejuicios tienen la fuerza suficiente para obstaculizar el cambio o para desvirtuar la validez de nuevas estrategias.

En este mismo sentido Campanario (1999), dice que "incluso personas con formación científica o investigadores cualificados mantienen concepciones inadecuadas sobre la ciencia y el conocimiento científico. Así por ejemplo, no resulta raro que, con frecuencia, los propios profesores de ciencias tengan una formación deficiente en los aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia y la epistemología, la filosofía o la sociología de la ciencia".

En Gil et al (1991c), encontramos que "los profesores tienen ideas, actitudes y comportamientos sobre la enseñanza, debidos a una larga formación 'ambiental' durante el período en que fueron alumnos. La influencia de esta formación incidental es enorme porque responde a experiencias reiteradas y se adquiere de forma no reflexiva como algo natural, obvio, 'de sentido común', escapando así a la crítica y convirtiéndose en un verdadero obstáculo". Así, la formación de los profesores nunca parte de cero, siempre aparecen los conocimientos usuales.

Como dice Bachelard (1985), “es en el acto mismo de conocer, íntimamente, donde aparecen, por una especie de necesidad funcional, los entorpecimientos y las confusiones. Ya que cuando se presenta ante la cultura científica, el espíritu jamás es joven. Hasta es muy viejo, pues tiene la edad de sus prejuicios”.

Tener acceso al conocimiento científico, al saber pedagógico y al saber didáctico, es una forma de renacer, es aceptar conscientemente cambios fuertes y a veces hasta radicales porque contradicen el acervo cultural, generalmente formado por opiniones. El novel profesor inicia sus acciones docentes satisfaciendo las necesidades con ideas de esta cultura. A medida que le son útiles y le permiten salir adelante estas ideas se van valorizando, indebidamente claro está y, tienden a conservarse. “llega un momento en que el espíritu prefiere lo que confirma su saber a lo que lo contradice, en el que prefiere las respuestas a las preguntas. Entonces el espíritu conservativo domina, y el crecimiento espiritual se detiene” (Bachelard, 1985).

Para Gil et al (1991), son escasas las referencias a la necesidad de conocer y cuestionar el pensamiento docente espontáneo, también Bachelard afirma que la noción de obstáculo pedagógico es tan desconocida como es conocida la noción de obstáculo epistemológico. Lo confirma cuando dice que “Frecuentemente me ha chocado el hecho de que los profesores de ciencias, aún más que los otros si se cabe, no comprendan que no se comprenda. Los profesores de ciencias se imaginan que el espíritu científico comienza como una lección, que siempre puede rehacerse una cultura perezosa repitiendo una clase, que puede hacerse comprender una demostración repitiéndola punto por punto. No han reflexionado sobre el hecho de que el adolescente llega al curso de Física con conocimientos empíricos ya constituidos; no se trata pues, de adquirir una cultura experimental, sino cambiar una cultura experimental, de derribar los obstáculos amontonados por la vida cotidiana”.

Porlán (1999) habla de los obstáculos epistemológicos de los profesores cuando se observan las siguientes tendencias:

- ◆ Tendencia a la fragmentación y disociación entre la teoría y la acción, entre lo explícito y lo tácito.
- ◆ Tendencia a la simplificación y al reduccionismo.
- ◆ Tendencia a la conservación – adaptativa y rechazo a la evolución - constructiva.
- ◆ Tendencia a la uniformidad y rechazo a la diversidad.

Es posible pensar que los profesores no tienen en cuenta los resultados de la investigación en la didáctica de las ciencias, porque ellos mismos no han aceptado la importancia de los hallazgos, porque ellos creen que lo hacen muy bien o porque “a menudo no saben lo que saben” y menos van a reconocer que este saber puede ser un obstáculo. El profesor suele construirse para sí mismo un sitio sostenido por las ideas y las prácticas que lo han hecho conocido en la comunidad académica. Por ello, antes de construir el conocimiento dice Morín (2001) “la educación debe mostrar que no existe conocimiento que no esté, en alguna medida, amenazado por el error y la ilusión. Marx y Engels enunciaron justamente en la ideología alemana que los hombres siempre han elaborado falsas concepciones de sí mismos, de lo que hacen, de lo que deben hacer y del mundo donde viven. Pero tampoco ni Marx ni Engels escaparon de estos errores”.

También, es posible, que se deba a una cierta falta de atención o de conocimiento por parte de investigadores y de educadores de los resultados de las líneas actuales de investigación en la didáctica de las ciencias. Debido a su vez a la escasa participación en las redes de investigadores o la poca existencia de mecanismos de intercambio de conocimientos, al desconocimiento de la obligación de publicar casi a cualquier costa y a la posible utilidad de los productos de dicha publicación (Campanario, 1999).

2.4.3 Buscar su formación como profesor y convertir la actividad docente en cambio didáctico.

El conocimiento del pensamiento de los profesores del que se hablaba en el apartado anterior, sirve de base entre otras cosas a la formación en las didácticas especializadas que pueden cambiar significativamente las acciones en el encuentro con intención formativa. Villar Angulo (1988), dice que “se debe buscar un tipo de profesor que emita juicios reflexivos sobre las tareas que ejecuta en clase. El profesor es un profesional de la enseñanza que debe estar equipado de competencias para las variadas funciones que tiene que representar en la cada vez más compleja situación social que tiene que vivir”.

Es importante, que los profesores reconozcan que además de los conocimientos que han elaborado conscientemente y que elaboran cada vez que leen y estudian para preparar sus clases, existen unos conocimientos que no son fácilmente detectables o de los cuales no tienen indicios, que deben intentar explicitar (solos o con ayuda de otros profesionales) para poder así comprender mejor una parte significativa de sus problemas de clase. Por ejemplo, para que comprenda por qué se planean los programas o las clases, en términos de formación, pero, se actúa dando información; se concibe a los alumnos como futuros ciudadanos que han de resolver problemas globales, pero se actúa como si fueran a ser exclusivamente expertos que resuelven problemas disciplinares (Porlán et al, 1997).

El origen y persistencia de los esquemas conceptuales previos de los profesores muchas veces están ligados a sus formas de reflexión y actuación cotidianas, a su forma habitual de enfrentarse a los problemas, caracterizadas por la seguridad, la ausencia de dudas o de consideración de posibles soluciones alternativas, por apoyarse en las evidencias de sentido común, por los tratamientos locales (sin la preocupación por la coherencia en el análisis de diferentes situaciones), etc. Nos

encontramos así, que los profesores van a aplicar pautas de pensamiento y razonamiento poco científicas en tareas propias de las ciencias.

En este mismo sentido, Gil et al (1991), dicen que

“Nuestra hipótesis básica es precisamente que las deficiencias en nuestra preparación docente no constituyen ningún obstáculo insalvable y que los distintos problemas pueden ser abordados y resueltos por equipos docentes en un proceso creativo y satisfactorio. Desde ese punto de vista, insistimos, no consideramos necesario, ni conveniente, transmitir propuestas didácticas, presentadas como productos acabados, sino que intentaremos favorecer un trabajo de *cambio didáctico* que conduzca a los lectores, a partir de sus propias concepciones, a ampliar sus recursos y modificar sus perspectivas”.

Cuando los docentes reconocen sus propias concepciones y acciones a partir de la reflexión crítica pueden iniciar el camino de la investigación en la acción, para construir nuevos conceptos, asumir nuevas actitudes e idear nuevos procesos, mediante la investigación e innovación.

2.4.4 Criticar fundamentadamente la enseñanza habitual

Estamos reflexionando sobre el desconocimiento de los resultados de la investigación a la hora de enseñar y para explicar este particular apartado podemos partir de lo expresado por Campanario (1999), en La ciencia que no enseñamos:

La formación científica correspondiente a los niveles de enseñanza primaria y secundaria debería proporcionar a los futuros ciudadanos adultos los elementos básicos de las disciplinas científicas para que sean capaces de entender la realidad que les rodea y puedan comprender el papel de la ciencia en nuestra sociedad. Así mismo, este primer contacto con la ciencia debería contribuir a que éstos desarrollasen ideas adecuadas sobre la ciencia y el conocimiento científico y a que aplicasen hábitos propios del pensamiento y razonamiento científico en su vida cotidiana. Estos objetivos chocan con la realidad. A las quejas tradicionales de profesores e investigadores relativas al bajo nivel de conocimientos de los alumnos y a la persistencia evidente en los alumnos de las famosas preconcepciones tras años de enseñanza formal, hay que añadir un nuevo elemento al que sólo se ha comenzado a prestar atención en los últimos años: se trata de las ideas de los propios alumnos sobre la ciencia, el conocimiento científico y, también sobre cómo se aprende la ciencia. Estas ideas se recogen en la investigación bajo el epígrafe genérico de concepciones epistemológicas"

Para superar esta fuente de dificultades en la construcción del saber y de las acciones docentes, se hace necesario un cambio en la metodología que ellos emplean para abordar los problemas. Deberán perder su tendencia habitual a generalizar acríticamente a partir de observaciones cualitativas y no controladas, abandonar la seguridad del sentido común y pasar a un pensamiento creativo, abierto, que imagina nuevas posibilidades a título de hipótesis, coherentes con el conjunto de conocimientos, para someterlas después a una contrastación rigurosa. Y, sólo si son puestos reiteradamente en situación de aplicar esta nueva metodología, es decir, en situación de plantear problemas precisos, de emitir hipótesis a la luz de sus conocimientos previos, de diseñar experimentos, de analizar cuidadosamente los resultados, etc., llegarán a superarla, haciendo posibles los profundos cambios que la adquisición de los conocimientos científicos exige.

Habrá que convertir la enseñanza en un trabajo de investigación semejante al de un científico, plantear una enseñanza abierta, activa y creativa, de investigación (relativa a proponer y resolver problemas, experimentar, indagar, investigar, reinventar) y de desarrollo por medio de preguntas y análisis (preguntar, desarrollar, discutir, elaborar, analizar).

La enseñanza habitual tiene una debilidad central y es el desconocimiento de los resultados de investigación en didáctica que explican o proponen estrategias que pretenden contrarrestar las debilidades que causan las dificultades en el aprendizaje entre otras podemos citar:

- Deficiencias en la lectura y escritura
- Poca participación
- Incapacidad para reconocerse así mismo y reconocer al otro
- Escasa colaboración
- Dependencia del docente
- Baja capacidad de argumentación
- Poca capacidad para construir conceptos
- Baja capacidad de análisis y síntesis

2.4.5 Saber preparar actividades

En las nuevas tendencias se espera que el profesor sea un mediador, facilitador y orientador del proceso de aprendizaje; como dicen Osborne y Freyberg (1995), que lleve a los estudiantes a un razonamiento, argumentado o a la solución de un problema, a partir de una serie de preguntas paso a paso. Cada paso de esta exploración se convierte en una pregunta cuya respuesta es la base para la siguiente. Una pregunta no contestada, o respondida incorrectamente, se estimará inadecuada y entonces el guía intentará reemplazarla por otra menos difícil, más clara o más simple. El requerimiento primordial es el de ayudar a los alumnos a desarrollar estrategias para procesar bien la información, de manera que puedan ver hacia donde se están dirigiendo, y a la vez tener alguna idea sobre el modo de lograr su fin. A tal efecto, se puede:

- ◆ Señalar suavemente los errores lógicos en el proceso mental, tales como las inconsistencias o inferencias injustificadas;
- ◆ Poner a prueba la resistencia de los alumnos para considerar todas las posibilidades, o suspender el juicio, y
- ◆ Mostrar a los alumnos cuando han generalizado demasiado o demasiado poco, o han basado su argumentación en falsas hipótesis.

Por otro lado, García Valcárcel y Muñoz Repiso (2001), diferencian tres tipos de actividades para analizar la función docente: las actividades preactivas, interactivas y post activas, es decir, el quehacer docente no se limita al hecho de estar en clase con los alumnos sino que hay tareas que desarrollar antes (planificación de la enseñanza) antes y después del acto didáctico (evaluación y valoración de la enseñanza llevada a cabo y el aprendizaje conseguido).

La preparación de las actividades para orientar con éxito los logros esperados, puede entenderse como un proceso de búsqueda, análisis y toma de decisiones, para configurar el escenario pedagógico en donde se realizarán las actividades de enseñanza y de aprendizaje.

La preparación de las actividades está agrupada en un conjunto de operaciones de estructuración y racionalización de la acción futura. Aunque esta es una actividad a la que no se presta mayor atención, su realización garantiza mayores probabilidades de éxito. Al separarse de la metodología expositiva donde el grupo es considerado como homogéneo, el profesor asume la responsabilidad de tener en cuenta: principios psicoeducativos, organización de contenidos, estrategias o actividades didácticas y contexto y recursos (Hernández, 1989).

♦ **Principios psicoeducativos:** Lo que se puede saber y saber hacer para mejorar tanto el interés como el esfuerzo de los estudiantes para alcanzar los logros esperados, está en lo que han de saber y saber hacer los profesores universitarios. Los profesores sabemos que de la motivación con que los estudiantes afrontan las actividades académicas dentro y fuera del aula, depende la magnitud, la calidad y la significación del aprendizaje.

La motivación es la condición emocional que despierta y mantiene el interés en estudiar y aprender. Al respecto Tapia (2001), dice que “si el alumno está motivado, si le interesa comprender lo que estudia y adquirir los conocimientos y habilidades que pueden hacer de él una persona competente – se pone antes a la tarea, se concentra en lo que hace, persiste más en la búsqueda de solución a los problemas con que se encuentra, y dedica más tiempo y esfuerzo en general, que aquel que carece de motivación adecuada”. A un estudiante desmotivado no se le puede inducir al aprendizaje, por ello es necesario precisar que enseñanza y aprendizaje son dos procesos diferentes, con una interdependencia significativa pero no indispensable. Puede darse el aprendizaje sin enseñanza, por la búsqueda y esfuerzo personales y puede ocurrir la enseñanza que no logra sintonía, que no consigue el efecto esperado. No se le puede enseñar al que no se preocupa o no quiere aprender.

La interacción y comunicación entre los profesores y los estudiantes son dos aspectos que influyen significativamente en la vida en la escuela. Si el profesor se muestra cercano a los alumnos, es accesible, les orienta y asesora cuando se lo

piden; se adapta a su nivel de conocimientos; intenta comprender poniendo de relieve distintos puntos de vista o teorías sobre un determinado tema, mostrándose tolerante ante otras opiniones; relaciona los contenidos de la asignatura con problemas significativos para los estudiantes (actuales, próximos), así como los distintos temas del programa y éstos con otras áreas con las que se puedan establecer puntos de contacto; expone los temas con entusiasmo... Todo ello contribuirá a facilitar el grado adecuado de interacción entre el profesor y los alumnos, factor decisivo de cara a unos procesos de enseñanza y aprendizaje óptimos (García-Valcárcel, 2001).

♦ **La organización de los contenidos**, se deriva en forma general, del objeto de estudio, del diseño curricular y de las competencias que se quieren desarrollar. Los contenidos han de seleccionarse pensando en los que sirvan de base para aprender a aprender, aprender a hacer, aprender a ser y aprender a convivir. Los contenidos no tienen que ser todo lo que ofrecen las disciplinas. Tienen que ser aquellos con los cuales los estudiantes aprenderán a construir conceptos, diseñar procesos y realizar operaciones para el conocimiento, la comprensión y la aplicación, en el desarrollo de las competencias básicas, profesionales y ciudadanas. Además de los temas provenientes de las disciplinas los contenidos están formados por los valores y las actitudes, aunque se trate de los contenidos más generales, más transversales (Pozo y Gómez, 1998).

En definitiva, si consideramos que la programación es una anticipación de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, la tarea de programar debe incluir la reflexión sobre los objetivos a alcanzar (aprendizajes que se deben conseguir, importancia de la capacitación profesional, relación con los objetivos de la titulación), los contenidos (en coordinación con otras asignaturas del plan de estudios), las tareas a realizar en un tiempo determinado, los materiales (apuntes, bibliografía, material de prácticas) y el sistema de evaluación, todo ello en un determinado contexto (infraestructura, dotaciones del departamento, número de alumnos por grupo, etc).

♦ **La previsión de las estrategias**, la interacción de los actores en acciones intencionadas con el propósito de lograr los objetivos propuestos, debe pensarse dentro del contexto de una acción comunicativa entre interlocutores válidos, implicados alrededor de un interés común. Las estrategias necesitan de actividades participativas de cooperación y colaboración por ello deben concertarse para lograr el compromiso y la acción decididas y responsables.

El profesor debe saber que las estrategias tienen limitaciones y que por muy exitosas que ellas sean no sirven de la misma manera a todos los propósitos. Estas estrategias han de ser creativas y flexibles. En la enseñanza para la comprensión, las estrategias deben diferir notablemente de las acciones en la resolución de problemas como estrategia de enseñanza y de aprendizaje.

El profesor que conoce su grupo sabe también que todos los alumnos no aprenden con la misma estrategia y que debe encontrar puntos de equilibrio, en definitiva “el profesor debiera preocuparse más por las diferencias que por la búsqueda de la homogeneidad, atender a las particularidades más que al colectivo medio. Esto resulta imposible con una metodología expositiva y obliga a cambiar a una metodología diferencial y participativa” (De la Torre y Barrios, 2000).

♦ **Consideraciones sobre el contexto y los recursos**, el profesor no puede desconocer que los cambios en los intereses de los alumnos y en las ofertas tecnológicas influyen también en las estrategias que debe diseñar y proponer. La utilización de materiales de apoyo a la docencia aumenta la diversidad y posibilidad de responder en diferentes formas a los heterogéneos grupos que debe orientar.

Con el uso de nuevas tecnologías, se puede dar más libertad para que cada alumno aprenda a su propio ritmo y según sus intereses. A partir de la evaluación diagnóstica el profesor puede descubrir que entre sus estudiantes cuenta con algunos con fortalezas que se pueden aprovechar como recursos adicionales en la

orientación de quienes tienen debilidades en el mismo campo y para fomentar la colaboración y la solidaridad.

2.4.6 Saber dirigir la actividad de los alumnos. La mediación docente

La experiencia nos ha enseñado que el ritmo de nuestros aprendizajes crece en cantidad y calidad cuando viene de la mano de buenos y expertos mediadores (Tébar, 2003).

En la orientación de las actividades de los alumnos en primera instancia, se debe lograr la intencionalidad y la reciprocidad como condición básica para llevar a cabo cualquier experiencia de aprendizaje. La intención por parte del docente mediador consiste en comprometer al estudiante en la experiencia de aprendizaje, de forma que es el mediador el que selecciona y organiza la información para conseguir los logros (Feuerstein, en Prieto, 1989). Ya que como afirman Novak y Gowin (1988), "en nuestros estudios de investigación hemos encontrado de forma recurrente que las prácticas educativas que no hacen que el alumno capte el significado de la tarea de aprendizaje, no son capaces normalmente de darle confianza a sus capacidades ni de incrementar su sensación de dominio sobre los acontecimientos".

Las actividades que realizan los estudiantes bajo la orientación del docente y las que realiza como trabajo independiente tienen el propósito de alcanzar los logros con los cuales se estructura el saber y el hacer consolidados en el Ser. Después de estos logros se asume una posición valorativa, y se demuestra capacidad para responder a las personas, a los problemas, a los acontecimientos. Por ello, en las estrategias que se programan para conseguir aprendizajes, se fomenta el desarrollo de los valores, la potenciación de las actitudes y la asunción y cumplimiento de unas normas que les capaciten para vivir en una sociedad democrática (Gargallo, 2000).

Es necesario tener presente que las actitudes se aprenden y son relativamente duraderas porque las ideas que las fundamentan forman parte de las concepciones

resultantes del saber y la valoración permanente que a su vez alimenta las creencias que también motivan las actitudes. Al docente como mediador del proceso educativo le debe preocupar en primera instancia la estructuración de estrategias y procedimientos que hagan posible la formación integral, la conjugación de todas sus dimensiones en el ideal de formación como persona, como ciudadano y como profesional (Brockbank y McGill, 2002).

Las concepciones que explican los comportamientos de los estudiantes en las actividades de aprendizaje están enmarcadas en viejas tradiciones que estructuran una cultura del facilismo, de la pasividad, de aprender o mejor de memorizar sólo para estudiar. En la universidad se abandona la orientación dada en los niveles anteriores, a los profesores no les preocupa las estrategias que ellos emplean para estudiar, para manejar el tiempo y para participar en las evaluaciones.

El profesor debe ser responsable de su papel como mediador orientador, guía y preguntador que traduce los problemas a interrogantes y enciende una luz cuando hay oscuridad en el camino (Tébar, 2003).

El profesor como mediador debe enseñar al sujeto el significado de la actividad más allá de las necesidades inmediatas (Prieto, 1989); de forma que no sólo aprenda lo que se quería que aprendiera, sino que aprenda a usar la estrategia en situaciones futuras (aprenda a aprender). También, debe favorecer de una manera ordenada y diversa las interacciones de los grupos entre ellos y con la comunidad científica representada por el profesor (Furió Mas, 2001).

Según Feuerstein (1994), esta mediación debe poseer ciertas características que la hagan más eficaz:

- **Mediación de la Intencionalidad y la reciprocidad**

Según Prieto (1989), “los estudiantes deben recibir y responder cuando el profesor da las orientaciones sobre el proceso de aprendizaje que se va a emprender. Deben comprender el propósito, su papel y el sentido de las acciones. Por ello, si se quiere una participación comprometida y fructífera la intencionalidad es “la condición básica para llevar a cabo cualquier experiencia de aprendizaje” (Feuerstein, 1980). La intención por parte del mediador consiste en

implicar al sujeto en la experiencia de aprendizaje, de forma que es el mediador el que selecciona y organiza la información para conseguir los objetivos fijados con anterioridad”.

El mediador debe enunciar las competencias con las cuales quiere contribuir, enunciar los logros y tratar de compartir con el estudiante las intenciones en el proceso educativo; esto lleva al estudiante a diseñar su plan de acción para comprometerse en el alcance de los logros. En este contexto la mediación es una “interacción intencionada”, por ello supone reciprocidad, enseñar y aprender como un mismo proceso. La intencionalidad revela la conciencia colectiva cultural de la que es transmisor el mediador (Tébar, 2003).

Tratamos de implicar al sujeto en el aprendizaje. En la mediación el estímulo no es directo, sino que está enriquecido por la intención, la actitud para hacerlo llegar al destinatario: el tono de voz, el gesto, la expresividad, la repetición, la mirada son otros tantos vehículos de intención que logran un triple cambio:

- Cambia el estímulo para que el estudiante lo decodifique mejor, lo sienta y lo valore.
- Cambia en el alumno su atención y motivación para que cuanto aprenda sea significativo para él.
- Cambia al propio mediador, al hablar, al mirar, al gesticular, para que sea mejor comprendido en su mensaje (Tébar, 2003).

▪ **Mediación del Significado**

En varios apartados de este documento se ha hablado de la importancia de tener en cuenta las ideas previas de los alumnos. Ausubel et al (1993), dicen que las tareas potencialmente significativas son por definición, relacionables y afianzables con ideas pertinentes establecidas en la estructura cognoscitiva. Pueden relacionarse con las ideas existentes de manera que hagan factible la comprensión de varias clases de relaciones importantes (derivativas, correlacionadas, supraordinadas, combinatorias).

Feuerstein al igual que Ausubel piensa que la eficacia del aprendizaje significativo se debe, esencialmente a dos factores: a) la intencionalidad; b) la sustancialidad de

la relación de tarea de aprendizaje con la estructura cognitiva. De ahí que el aprendizaje con significado sea un proceso consistente en relacionar la nueva información con la ya existente en la estructura cognitiva (Prieto, 1989).

Bruner (1997), también cree que: «en la escuela los niños de corta edad desperdician mucho tiempo y esfuerzo imaginándose qué es lo que quiere el profesor y, generalmente, llegan a la conclusión de que se trata de ser pulcro, recordar o hacer algunas cosas en un cierto momento o de una determinada forma» El problema reside en la falta de interés del niño, debido a que el mediador no lo implica de forma activa y emotiva en la tarea de aprendizaje» (Prieto, 1989).

También en el ámbito universitario los estudiantes suelen perder mucho tiempo buscando la respuesta, buscando respuestas elaboradas previamente, tratando de encontrar una forma hecha de solucionar el problema. La respuesta, participación e intervención del estudiante suele estar condicionada por la calidad de la interacción con el docente, es dependiente y muchas veces automática.

▪ **Mediación de la Trascendencia**

Por lo anterior el mediador debe hacer explícita la confusión que se crea en el alumno, el conflicto entre sus concepciones y las nuevas ideas que debe aprender, no solamente para solucionar el problema de comprensión en el punto de partida, sino para la participación creativa en todo el proceso y para ver el futuro, es decir, producir ciertas generalizaciones que le permitirán usar sus aprendizajes en nuevas situaciones.

La naturaleza trascendente de la mediación va más allá de la necesidad inmediata que originó la acción o actividad en cuestión. Es decir, en toda situación de aprendizaje se debe proporcionar a los sujetos una serie de dispositivos verbales que le ayuden a resolver la situación presente, sin olvidar que le han de servir para otras ocasiones de aprendizaje. Esto implica enseñar al estudiante una conducta de estructuración para que, en el futuro, pueda utilizar los conocimientos aprendidos

previamente. Al mismo tiempo esto ayudará al sujeto a pensar a cerca de la actividad que está realizando, a descartar la información superflua y a utilizar sólo lo esencial y básico para la solución del problema (Prieto, 1989).

▪ **Mediación de la Competencia**

Como dicen Pozo y Gómez (1998), y lo escribimos en el apartado 2.2.2 “Los alumnos no aprenden porque no están motivados, pero, a su vez no están motivados porque no aprenden”. Sentirse capaz de realizar una tarea es un sentimiento que nace en el momento de la comprensión de la tarea y desencadena un deseo de participar, colaborar, crear y trabajar en equipo para alcanzar una meta. Se busca crear en el sujeto la posibilidad de sentirse capaz, de experimentarse como competente y así aumentar su autoestima (Prieto, 1989; Tébar, 2003; Blanchard y Muzás, 2005).

A la vez el estudiante se da cuenta que esa capacidad - competencia no es una característica intrínseca de las personas y tampoco es una cuestión independiente del conocimiento que se adquiere a lo largo de la vida, al contrario nace y crece con él, con lo útil del conocimiento y con el conocimiento de lo útil. El conocimiento es el vehículo que transporta la competencia y la inteligencia, es el lubricante que facilita su progreso, ambas cuestiones condicionan los niveles y la calidad del producto final resultante, en definitiva la competencia real de las personas a lo largo de la vida. La formación en competencias mezcla de forma equilibrada los ingredientes más característicos del conocimiento tratando descubrir algunos o muchos de los saberes ocultos (destrezas, aptitudes y actitudes) de gran repercusión en el resultado logrado (Suárez Arroyo, 2005).

▪ **Mediación de la Regulación activa y del control de la conducta**

“Un momento déjame pensar” es el eslogan del PEI (programa de enriquecimiento instrumental) que frena la impulsividad del estudiante en su aprendizaje del autocontrol. Analizamos nuestras decisiones, buscamos los pros y contras para

evitar fallos. El alumno debe ejercitarse desde temprana edad a pensar cómo, por qué, cuándo y para qué actúa. Esta actitud se da la mano con la corresponsabilidad de nuestras decisiones, que implican a los demás. Todos estos procesos metacognitivos ayudan al sujeto a conocer sus propios conocimientos a la vez que permite llegar a la trascendencia y al significado del aprendizaje (Tébar, 2003); Prieto, 1989).

▪ **Mediación de la Participación activa y la conducta compartida**

La estrategia “exige que el profesor seleccione un conjunto de actividades con una lógica interna que evite aprendizajes inconexos y estrategias basadas exclusivamente en el ensayo y el error típico de metodologías de sentido común” (Furió, 2001). Y que a la vez propicien la interacción profesor alumno. El profesor debe compartir las experiencias de aprendizaje con los estudiantes, intentando situarse en el lugar de éstos. La mediación a través de la intervención orientada hacia la conducta compartida, permite enseñar el respeto mutuo, el reconocimiento del otro, es decir aprenden a tener en cuenta las necesidades y puntos de vista diferentes al suyo propio. De ahí que el profesor anime a los estudiantes a trabajar en pequeños grupos, para prepararse y luego hacer una puesta en común. En definitiva, el profesor ayuda a los alumnos a usar técnicas cooperativas para la resolución de los problemas propuestos (Furió, 2001; Prieto, 1989; Tébar, 2003).

El trabajo cooperativo tiene una intención socializante. Estas interacciones inter e intragrupalas al abordar los problemas abiertos irán (re)construyendo la realidad subjetiva del alumno a través de la interacción social. La aceptación y tolerancia de las divergencias personales, de los distintos ritmos y enfoque en las decisiones, ayudan a madurar en la relación social. Los mismos educandos deben respetar los hallazgos de los otros y cooperar de buena gana al mutuo enriquecimiento y búsqueda de soluciones a los problemas (Furió, 2001; Prieto, 1989; Tébar, 2003).

A lo largo de todo el aprendizaje el mediador despierta en los sujetos la necesidad de diseñar sus propias actividades o experiencias y a someterlas a discusión con sus compañeros. Todo ello suscita una serie de interacciones y confrontaciones de distintos puntos de vista que invita a la participación activa (Prieto, 1989).

▪ **Mediación de la Individualización y la diferenciación psicológica**

En el contexto de la investigación orientada en el ámbito universitario esta característica de la mediación implica no sólo que los profesores reconozcan las diferencias individuales, sino que el estudiante se reconozca frente a la nueva tarea y diseñe criterios y procedimientos para su propia intervención.

La teoría constructivista ha motivado nuevas tendencias y estrategias en la investigación en enseñanza de las Ciencias. “Este paradigma constructivista concibe el aprendizaje como una construcción activa de nuevo conocimiento por parte del propio aprendiz a partir de su conocimiento anterior. Una tesis ampliamente conocida se refiere a la imposibilidad de transvasar ideas o pensamientos a nuestros alumnos y <<El conocimiento no puede ser recibido pasivamente sino que tiene que ser construido en forma activa por el sujeto cognitivo>> (Furió, 2001).

Consiste en aplicar modelos de aprendizaje en función de las diferencias individuales y estilos cognitivos. De hecho Feuerstein (1994), habla de funciones cognitivas que hacen más eficaz el aprendizaje, aunque éste no marca ningún perfil ni dirección con respecto a cuándo y en que orden utilizarlas, lo cual ha de determinarse en función de cada persona y en base a su individualidad (Prieto, 1989).

Resnick (1983) en Furió (2001), resume así las principales características de esa orientación constructivista del aprendizaje:

- Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia. Es decir, el aprendizaje depende de los conocimientos previos del aprendiz.

- Quien aprende construye activamente significados. O sea, no se aprende reproduciendo simplemente lo que leen o lo que se les enseña.
- Encontrar sentido (la comprensión) supone establecer relaciones (cuanto mayor sea esta estructuración mayor será su permanencia en la memoria).
- Los alumnos son responsables de su propio aprendizaje.

Hablando de la investigación orientada Furió (2001), dice que otra consideración a tener presente es la pertinencia psicológica a la hora de plantear una situación problemática abierta, entendida como la necesidad de que la tarea no se halle ni muy por encima, ni muy por debajo de las capacidades de los alumnos –en términos piagetianos- pues puede ser percibida por los propios alumnos como muy alejada de sus posibilidades o carente de interés por su bajo nivel de resolución y, tanto en un caso como en otro, pueden producir rechazo y actitudes pasivas frente a la solución del problema.

- **Mediación de la búsqueda planificación y logro de los objetivos.**

Hasta este apartado se han presentado muchas ideas que ayudan a fundamentar el hecho de que el aprendizaje por recepción no tiene sentido en el ámbito universitario, cuando estamos intentando orientar la formación de un individuo que está aprendiendo a aprender. Cada nuevo aprendizaje es un reto, un proyecto que el estudiante debe asumir como individuo, como miembro de un pequeño grupo y de una colectividad que le sirven de espejo y de fuente de nutrientes para reconocer y enriquecer sus concepciones.

La mediación va dirigida a conseguir que los sujetos orienten su atención al logro de metas de corto y mediano plazo. El mediador establece las metas del grupo, los estudiantes establecen sus metas individuales que luego lleva al consenso del pequeño grupo.

- **Mediación del desafío, del reto**

El aprendizaje alienta esa capacidad humana que nos permite afrontar todo género de retos difíciles. Gracias al aprendizaje, en parte las personas llegan a ser individuos maduros e independientes (Howe, 2000).

Ante una nueva tarea es común que el estudiante muestre entusiasmo y que este sentimiento lo haga ser impulsivo y desordenado y por ello desperdicie fuerzas realizando intentos infructuosos, por eso tienen que lograrse exitosamente las demás características y en ésta la adaptación de las posibilidades de cada individuo.

La novedad y el cambio implican mayor complejidad, más dedicación, diferentes recursos y sobre todo mayor interés. Hablando de la reciprocidad se decía que el estudiante no sólo debe escuchar la intencionalidad propuesta por el docente, debe hacerla suya. Si esto no se consigue, así el docente se esfuerce al máximo no conseguirá que el estudiante aprenda significativamente.

El mediador anima al estudiante a buscar lo que hay de novedoso en la tarea respecto a otras ya realizadas. Por la mayor complejidad se fomenta la curiosidad intelectual, la originalidad y la creatividad o pensamientos divergentes (Prieto, 1989). Estamos elevando el potencial de aprendizaje desde el momento, en que logrado el éxito, no nos contentamos con una situación de aprendizaje, sino que creamos una situación desafiante que pone a prueba nuevos mecanismos y nuevas estrategias.

▪ **Mediación del conocimiento del ser humano como ser cambiante**

En virtud de una experiencia de aprendizaje mediado, el estudiante puede adquirir las conductas apropiadas, los aprendizajes, operaciones mentales, estrategias, significados, etc., que modifican constantemente su estructura cognitiva para responder de forma adecuada a los estímulos intencionados del mediador (Tébar, 2003).

En este punto el mediador ha de hacer consciente al alumno de que puede cambiar su propio funcionamiento cognitivo, y de hecho así lo está haciendo durante el proceso educativo. El mediador hace que el individuo tenga un conocimiento objetivo de sí mismo y de su potencial para el cambio (Prieto, 1989).

- **Mediación de la búsqueda de alternativas optimistas**

El triunfo en la lucha, en la educación, es fruto del optimismo que despierta confianza en el éxito. El optimismo es una toma de postura en la vida, ante el porvenir incierto, ante la sospecha de éxito o fracaso. Siempre hay una elección posible que es más aconsejable. Para la cognición, la mediación positiva es esencial por ser motivadora, proyecta relaciones y abre horizontes (Feuerstein, 1994).

El estudiante primero y luego el pequeño grupo debe reflexionar, sopesar y confiar en sus posibilidades para decidir el curso de acción.

- **Mediación del sentimiento de pertenencia a una cultura.**

Las instituciones educativas tienen en sus políticas institucionales principios de vida que representan la calidad que como persona, ciudadano y profesional se espera que sea el egresado. Por eso a su vez toma como base para definirlos los principios de vida ciudadana, de inspiración política que hacen la esencia de la Constitución Nacional.

Se trata de un sentimiento que varía según las culturas. El sentimiento de pertenencia y vinculación se experimenta con base en la interacción primero con su pequeño grupo y luego con el grupo general. Es en esta característica donde se hace énfasis en la necesidad de desarrollar competencias que hagan al estudiante apto para la convivencia.

2.4.7 Saber evaluar

A pesar de las retóricas afirmaciones de algunos expertos en cuestiones evaluativas, la evaluación es uno de los aspectos curriculares que menos cambios ha experimentado en los últimos años; [...] la evaluación sólo refleja, de modo casi exclusivo, la calificación obtenida por los alumnos y alumnas en uno o varios exámenes (Rodríguez, Gutiérrez y Molledo, 1992).

La evaluación ha sido y sigue siendo un tema de gran polémica en la educación. Su práctica es considerada como un acto de poder de quienes tienen la autoridad sin que el nivel en que la ejerzan signifique mucho en los procedimientos y en sus consecuencias. Son actos sin cuestionamiento, ni reflexión, ni evaluación.

Los fundamentos en los que se sustentan las prácticas evaluativas en educación, muchas veces ocultos, ofrecen elementos para replantearse el ejercicio de la evaluación sustentado en propuestas filosófico-educativas que clarifiquen su sentido y dirección, su para qué, siempre en función de la dignidad humana.

La evaluación del plan de estudios, de los procesos educativos, de los programas de investigación y docencia, del desempeño de docentes e investigadores es un tema cada vez más presente en la vida universitaria.

La evaluación del aprendizaje en particular, está sirviendo para excluir y descalificar, en una sutil intervención que transgrede en su esencia los principios de la autonomía universitaria y la libertad de cátedra, al grado en que los actores educativos llegan a considerar como propios ideas y propuestas que en realidad están contribuyendo a otros intereses porque se confabulan para eliminar del nivel universitario a personas que con la debida orientación serían otro tipo de ciudadanos.

La evaluación es vista por los estudiantes como una fuerza que el docente ejerce sobre ellos de una manera implacable para: ejercer el poder, controlar, normatizar,

imponer criterios, delimitar la diferencia entre sujeto y objeto, tomar decisiones, organizar la relación tiempo – beneficio, tomar decisiones con respecto a la promoción, realizar acciones puntuales, asimilar evaluación con medición, realizar acciones ex post facto, evaluar por normas pero, a medias, seleccionar, jerarquizar, etc.

La evaluación, se caracteriza por una acción más bien puntual, administrativa, representada sobre todo por unos resultados cuantitativos, sometida a la comunidad de la enseñanza y viciada por interpretaciones diversas que a menudo no son ni justas ni equitativas, tanto en lo que respecta al evaluado como al evaluador.

En esta perspectiva, es importante pues detenerse, en un primer momento, a analizar las actitudes que se constatan en una situación de evaluación y las subculturas que se van generando para sobrevivir a un sistema rígido, tradicionalista e incoherente.

El maestro consciente que acepta plenamente sus responsabilidades se encuentra en la orientación de la evaluación frente a una difícil tarea. Las concepciones, procesos, métodos e instrumentos varían de acuerdo con los momentos, fines y procedimientos. Aunque sólo la heteroevaluación es de su absoluta responsabilidad, en la coevaluación y autoevaluación debe servir de orientador y referente.

El sistema de evaluación implica inevitablemente el establecimiento de diferentes parámetros interconectados en la relación evaluado – evaluador. A este respecto aparte de que ha de preocuparse por la pertinencia de los juicios emitidos, debe constituir mecanismos que faciliten el que se considere más atentamente esta evaluación, a fin de que pueda tener sentido para los actores implicados. Los actores en el aula tienen que construir una relación de evaluación que sea lo más equilibrada y lo más justa posible; es decir, la más lúcida, la más comprensible y la mejor aceptada, teniendo en cuenta las circunstancias y las consecuencias que

están relacionadas con ella. Porque es muy frecuente que la evaluación sea un motivo de preocupación tanto para los estudiantes como para los profesores.

Por lo anterior “para los alumnos constituye un objeto permanente de crítica, al tiempo que sus esfuerzos de aprendizaje se centran exclusivamente en lo que puede ser objeto de examen” (Gil et al, 1991). Los alumnos critican lo que consideran abuso de poder por parte del profesor que impone su voluntad en todas las acciones del aula, apoyado en la evaluación. En ese contexto, la evaluación es concebida por estudiantes y profesores en sistemas de relaciones determinados y pautados, como el conjunto de pruebas y calificaciones, mediante las cuales se puede comprobar el rendimiento, esfuerzo y dedicación de los alumnos. Sistemas que, por la misma definición de poder están siempre amenazados de ser subvertidos.

En muchos casos, las pruebas que generan presión; y la incoherente relación entre dificultad y tiempo que las convierte en un medio para comprobar memorización, rapidez al escribir e incluso la capacidad para trabajar bajo presión, producen desequilibrio cuando una voluntad se impone sobre la razón. Dice Moyano Ferrer (1995), que “En esta concepción de evaluación no hay cabida para otras formas de orientar y realizar un seguimiento a los procesos de enseñanza y de aprendizaje, diferentes a la de examinar.” El profesor cumple sus funciones calificando y promoviendo o reprobando a los estudiantes de su curso, para luego entregar las calificaciones y finalizar allí el conjunto de acciones puntuales que deberían haber formado parte de un proceso que finaliza más adelante con la metaevaluación. Es aceptado que la evaluación se hace para cumplir con las normas de la universidad “por lo menos tres calificaciones” y cuando el profesor cumple simplemente con esta tarea, se está asimilando evaluación con medición y calificación, la valoración, etapa muy importante en el proceso, no tiene cabida.

Por otro lado, si hay algo en común entre la mayoría del profesorado universitario, es el desconocimiento de las teorías pedagógicas. Ellos fundamentan su estilo de enseñanza en las creencias, opiniones, en general en una cultura oral. Actúan bajo

concepciones construidas o esculpidas a sangre y fuego en el período de escolaridad. Extraídas de la lectura semiótica de las acciones de sus profesores. Priman los intereses y necesidades del profesor tales como: el tiempo para calificar, la necesidad de sancionar a los que no asisten a clase, a los que se han mostrado débiles en exámenes anteriores, la necesidad de controlar la disciplina, etc.

Se asimila evaluación con medición y calificación. Las calificaciones obtenidas en los exámenes se entregan y termina el “proceso”, se desconoce que esta acción incompleta para ser llamada evaluación debe ser precedida de la emisión de un juicio y la toma de decisiones para mejorar los aprendizajes y por ende los resultados.

Sobre el papel se expresan los logros esperados y las funciones que la evaluación cumplirá en el proceso formativo, sin embargo como se ha comentado las acciones se limitan a medir, calificar y acreditar la suficiencia o no para la promoción. El estudiante no reconoce la calidad y los límites de sus logros, por lo tanto no se esfuerza. Sólo espera los milagros en los cálculos aritméticos. A las directivas académicas no les preocupa la información derivada de las pretendidas acciones evaluativas, fácilmente puede darse el caso de cursos donde un significativo porcentaje de estudiantes fracasa, pero, no pasa nada.

De hecho, los alumnos no “viven” la evaluación como una acción propia con tranquilidad, desconfían de sus profesores y temen sus repercusiones en la permanencia y en el futuro de su formación como profesionales.

Aunque, la evaluación se define también como positiva y se dice que ayuda, que es formativa y formadora, que sugiere la noción de empezar de nuevo y de continuidad. Sin embargo, estos calificativos se asemejan más a un concepto idealizado de la evaluación que a la realidad, ya que esta última enfrenta a los profesores a demandas para los cuales no están preparados y muchas veces ni siquiera tienen una visión abierta al cambio.

Mientras no se reconozca esta asimilación como error no habrá cambios efectivos. La pobreza en la información suministrada por los exámenes no dice nada sobre las capacidades y limitaciones de cada individuo. La orientación esperada por los padres y la sociedad en general es cambiada por la medición y una medición bastante pobre.

No hay realimentación, basta con prestar atención a las tasas de deserción, repitencia y abandono escolar, a los fracasos sistemáticos y muy significativos en el sistema universitario, para darse cuenta que la evaluación no cumple sino con la función de calificar y acreditar. Esta acreditación que equivale a jurar en falso, porque nadie sabe qué quiere decir 6,00 en una definitiva. ¿Que sabe el 60%? ¿De qué? ¿Cómo lo sabe? ¿Qué no sabe? ¿Qué tan importante es lo que no sabe?. Los estudiantes mismos no son conscientes de la aparentemente baja calidad de sus aprendizajes. Para ellos significa que han tenido éxito, que serán promovidos y tampoco necesitan saber más.

El estudiante no obtiene de la evaluación, la información y orientación necesarias para evolucionar como persona, científico, ciudadano y profesional, más bien, forma una mentalidad aparentemente sumisa. No pregunta, no discute, no tiene palabra, a tal grado que es como egresado cuando, como dice Fernández Pérez (1995), “llega a la madurez de su vida profesional y percibe con claridad meridiana lo absurdo de lo que se valoraba en el sistema educativo y, en relación con ello, lo absurdo de los procedimientos para valorarlo”. Lo peor es que más tarde instalados en la función docente, hacen lo mismo que sus profesores, porque así se hacía o porque no saben cómo hacerlo a pesar de sus críticas como egresado.

Por las anteriores razones, independientemente del boom de la preocupación por la evaluación, la universidad presionada para que aumente la cobertura y la calidad, se debe preocupar por dar a la evaluación un sentido que le permita mejorar la retención. El profesor en particular debe encontrar una estrategia evaluativa con equidad, eficacia, eficiencia y efectividad. Debe abrir un espacio

de reflexión sobre la teoría y la práctica evaluativas para construir un nuevo sentido de la evaluación como fuerza que dinamiza la acción educativa. Que se base en el reconocimiento de sí mismo y del otro. En el reconocimiento de sí mismo en el otro, para construir una relación de reconocimiento en la cual “el destino del otro está unido a mi propio destino.” El destino del estudiante que aprende o no aprende, es el destino de mi metodología que funciona o no funciona. El destino de mi metodología que no funciona es el destino del estudiante que no aprende. Uno y otro se están afectando positiva o negativamente. En el caso negativo estamos ante un evento muy extraño, en el cual el protagonista está actuando contra sí mismo.

En el aula de clase el otro es un ser individualmente diferente y reconocer esa diferencia significa hacer distinciones. El profesor debe ser observador de las acciones participativas de los estudiantes y debe comprometerse con el reconocimiento de sí mismo en esas acciones. Cuando se pretende construir este nuevo significado es necesario iniciar el camino del cambio en el reconocimiento del otro como una persona con capacidad para aprender a Ser, Aprender a Hacer, Aprender a Aprender y Aprender a Vivir Juntos.

En este proceso y para ser consecuentes con el ideal enunciado, se propone hacer una reflexión en el camino a la evaluación concertada en el aula de clase, como una puerta de entrada a la construcción de una nueva cultura de evaluación, configurada en un sistema humanitario y democrático donde se debe considerar al estudiante en el centro de su actividad y hacer el máximo esfuerzo por orientarlo para que alcance un oportuno y pleno desarrollo.

Se estará pensando en los miembros de la comunidad docente, comprometidos con la misión de desarrollarse permanentemente como unos orientadores de la formación integral del educando. Para los que crean que el cambio en la actitud docente sólo puede darse cuando cada docente recibe las evidencias y reflexiona sobre los procesos que deben darse para mejorar.

Se ofrecen ideas y argumentos que pueden ayudar a comprender las limitaciones y las confusiones, que caracterizan el discurso sobre la evaluación, para desechar algunas ideas y construir una visión más “humana” de lo que quiere decir “Evaluación” y para obtener los elementos que nos permitan iniciar el cambio deseado.

En una concepción tradicional se entiende por evaluación la realización de un conjunto de acciones encaminadas a recoger una serie de datos en torno a una persona, hecho, situación o fenómeno, con el fin de emitir un juicio valorativo sobre el mismo. Dentro del campo de las generalidades se suele considerar que ese juicio se expresa en función de unos criterios previos, aunque no siempre sea así, y tiene como finalidad recoger información para una posterior toma de decisiones. La evaluación como revisión de los resultados de las acciones previamente planificadas, es una práctica ampliamente utilizada en todos los ámbitos de la vida. Se puede evaluar o valorar una acción cotidiana y preguntarnos si ha valido la pena ? Si se han cumplido las expectativas previas? Ha habido sorpresas positivas o negativas? y de volver a realizar la experiencia que incorporaríamos de la experiencia previa?. Esta última pregunta indica o constituye el aprendizaje que se ha extraído de esta actividad.

Este proceder implica flexibilidad y concertación para lograr un compromiso de los actores. En este clima seguramente se logra una gran confianza de parte y parte (estudiantes y profesores) y de este modo se reúne una valiosa información con relativa facilidad. Un diseño concertado debe servir no sólo para que el profesor sepa cómo va a realizar la evaluación sino para que los estudiantes comprendan y colaboren con ella.

Para que la evaluación logre ser una fuerza que dinamice el aprendizaje en particular y la formación integral en general, como dicen Gil et al (1991), “una primera característica es que pueda ser percibida por los estudiantes como una ayuda real, generadora de expectativas positivas. El profesor ha de lograr transmitir su interés por el progreso de los alumnos y su convencimiento de que

un trabajo adecuado terminará produciendo los logros deseados, incluso si inicialmente aparecen dificultades.

Una segunda característica, que ha de poseer la evaluación para que pueda jugar su función de instrumento de aprendizaje es su extensión a todos los aspectos: conceptuales, procedimentales y actitudinales del aprendizaje de las ciencias, rompiendo con su actual reducción a aquello que permite una medida más fácil y rápida: la rememoración repetitiva de los <<conocimientos teóricos>> y su aplicación igualmente repetitiva a ejercicios de lápiz y papel.

2.4.8 Saber utilizar la investigación e innovación

En todos los perfiles profesionales la universidad le promete a la sociedad y al propio estudiante que al egresar de la universidad tendrá desarrollada su capacidad investigadora. Sin embargo el proceso de desarrollo de esta competencia es bien ineficiente, fundamentalmente porque se realizan acciones a veces puntuales independientes de los otros procesos formativos. Se programan en el plan de estudios cursos de metodología de la investigación y en el ciclo superior de la carrera, cursos para el proyecto de grado *y ya*. De la misma manera estas acciones afectan el perfeccionamiento docente. Ellos hacen investigación en su disciplina o profesión de origen, en actividades que forman parte de la carga académica pero que no se relacionan con las acciones docentes.

Por otro lado el proceso educativo aunque es una fuente permanente de problemas no es objeto de investigación, ya que si los profesores no leen artículos científicos sobre los resultados de investigación en didáctica o en general en educación, sus concepciones no entran en conflicto y por lo tanto no sienten la necesidad de investigar, así sea para replicar en el aula lo que otros han hecho en sus prácticas investigativas.

En esta situación a los estudiantes se les da el conocimiento científico como información y la prometida responsabilidad de estudiar el conocimiento científico, divulgar los resultados, aplicar los resultados y enriquecer el conocimiento científico, se diluye por entre los resquicios de la información, las explicaciones, las tareas y los exámenes.

Sin embargo, la tendencia de los últimos años en la enseñanza de las Ciencias es relacionar o mejor, contextualizar las acciones de enseñanza y aprendizaje en el proceso investigativo, como dice Furió (2001)¹²⁵, conviene recordar que esta idea nace contra una enseñanza excesivamente memorística de los contenidos (conceptuales) de la ciencia y tratar de resaltar la importancia que tenía la experimentación en las construcciones científicas así como el valor formativo de sus métodos.

En este sentido Gil et al (1994)¹⁶⁷, en un trabajo sobre necesidades formativas donde hacen énfasis en esta propuesta: “parece lógico que los profesores han de ser los primeros beneficiarios de los hallazgos de la investigación educativa. Sin embargo, señala Tyler (1979), existe una auténtica barrera entre <<pensadores>> (investigadores) y <<realizadores >> (profesorado). Surge así la idea de que, para que los profesores tengan en cuenta las implicaciones de la investigación y examinen críticamente su actividad docente a la luz de dichas implicaciones, han de insertarse en alguna medida en el proceso de investigación (Verna y Bear, 1981)”.

Los profesores al igual que los alumnos deben participar en la construcción del conocimiento o en la reelaboración o en la aplicación mediante la acción investigativa, para que su aprendizaje sea significativo, para que los conocimientos se integren en sus concepciones y las acciones formen práctica de la vida cotidiana en la práctica docente.

Los profesores tienen que proporcionar los recursos materiales para crear un entorno de aprendizaje eficaz, para ello deben investigar e innovar. Investigar, por ejemplo, sobre las ideas previas de los alumnos, para innovar las estrategias que

les permitan percibir y comprender las ideas científicas, como algo más inteligible, plausible y potencialmente útil y provechoso, que las suyas (Osborne y Freiberg, 1995)247.

Los intentos de renovación de la enseñanza a través de la investigación y la innovación son numerosos y fructíferos de forma tal que han dado lugar a un nuevo campo del conocimiento. La emergencia de esta nueva disciplina contribuye significativamente a la profesionalización de los docentes de ciencias que pueden dejar de actuar como empíricos o salirse de la confusión que se origina cuando se quiere responder con conocimientos que no explican la situación o fenómeno que se consolida en la acción docente.

El camino se va recorriendo con la esperanza de ganar adeptos a esta joven comunidad científica, para consolidar los principios teóricos y metodológicos que garantizan la rigurosidad del método científico al abordar los problemas de enseñanza y aprendizaje en ciencias. Porque como dice Crick (1989)74, “siempre he creído que el estilo de vida del científico así como el del religioso, requiere un elevado grado de devoción y que uno no puede dedicarse a algo si no cree en ello apasionadamente”. De hecho la vida del profesor de ciencias en este contexto de la investigación y la didáctica de las ciencias se alimenta de la búsqueda permanente, “derivando en estado de alerta” porque “el azar favorece a las mentes preparadas”.

2.5 NUEVAS ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA BASADAS EN EL MODELO DE APRENDIZAJE COMO ACTIVIDAD DE INVESTIGACIÓN ORIENTADA.

Para Furió (2001), una modalidad de la investigación acción en el aula en la cual el profesor que quiera llevar a efecto una docencia de corte constructivista deberá sustituir el papel de transmisor continuo de información que le asigna la enseñanza habitual por la de facilitador del aprendizaje entendido como mediador

entre la ciencia y los estudiantes que le atribuye aquella concepción constructivista del aprendizaje

En el ámbito universitario el conocimiento científico es una especie de “materia prima” con la cual la universidad cumple su misión con la ciencia a través de acciones específicas, como el estudio, la divulgación, la confrontación, la aplicación y el enriquecimiento por medio de la investigación.

El proceso se realiza a través del tiempo, durante los ciclos de los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que está demostrado que las acciones puntuales, aisladas, esporádicas, como un curso, pueden ocasionar algún entusiasmo, pero no un espíritu compuesto de intereses, habilidades, actitudes y valores que conformen un estilo de vida.

El reconocimiento de las limitaciones de un proceso educativo centrado en la enseñanza por transmisión de conocimientos y el desarrollo de las orientaciones constructivistas están planteando hoy (1994), con nuevo énfasis la necesidad de un compromiso del profesorado con la investigación en la acción docente, investigación en el aula donde los actores son investigadores (Stenhouse, (1993)306; Elliot, (1993)104; Gil y Pessoa, (2000)165; Furió y Furió, (2000)126 Furió, 2001).

Toda intervención docente es una respuesta al problema básico de cómo abordar adecuadamente la enseñanza. Es éste, sin duda, uno de los problemas centrales y más específicos del campo de estudio de la investigación didáctica, constituyendo, por otra parte, una cuestión que no parece estar ni mucho menos resuelta en la actualidad y cuya aclaración resulta en estos momentos insoslayable para superar los obstáculos que dificultan la mejora de la enseñanza en los diferentes niveles educativos García y Cañal, (1997)149.

Además si reflexionamos sobre las repercusiones de la investigación orientada en la formación permanente del docente vemos como en este contexto el profesor no

sólo adquiere habilidad para implementar las estrategias en el proceso educativo, también modifica sus concepciones y como dice Furió (2001), la implicación de los profesores en su desarrollo profesional al participar en estas tareas de investigación colectivas generará un producto en forma de construcciones que irán conformando un cuerpo teórico de conocimientos didácticos. Estas construcciones de conocimientos en forma de experiencias innovadoras se darán a conocer a través de intercambios entre equipos docentes, al igual que ocurre en las construcciones científicas de contenidos más <<duros>> .

2.5.1 El sentido de la investigación orientada

Después de estudiar un poco en la historia de la investigación en educación los diferentes estadios por los que ésta ha pasado, introduciendo cambios en los protagonistas, el objeto, los métodos, podemos decir que la **investigación orientada** es una estrategia docente, en la cual el profesor asume su responsabilidad de diseñar la estrategia más favorecedora de los logros que desea alcanzar de acuerdo con las exigencias de los nuevos aprendizajes y las necesidades e intereses de los estudiantes.

La extrapolación del paralelismo entre el modo de producción de los conocimientos en la ciencia y la forma de construirlos en el aprendizaje ha conducido a una propuesta que supondría organizar esta construcción de acuerdo con la metáfora de <<noveles investigadores>>. Es por ello, que el modelo de aprendizaje como investigación se denomina **orientada**. En este tipo de aprendizaje el trabajo de estos investigadores principiantes consistiría en replicar investigaciones ya conocidas por << el director de estas investigaciones >> (el profesor). Así pues, la estructura de la clase se dividiría en pequeños grupos de trabajo en cuyo desarrollo se obtienen unos primeros resultados mediante el esfuerzo cooperativo de aquellos y que como tales equipos de investigación interaccionan entre ellos y con la comunidad científica representada por el profesor (y por los libros de texto) con los que se matizarán, cuestionarán,

reformularán y enriquecerán los resultados parciales obtenidos por los propios equipos (Furió, 2001).

La Investigación Orientada, es a la vez una estrategia de enseñanza y aprendizaje y una modalidad de Investigación Acción, que se emprende con el objeto de “mejorar la racionalidad y la justicia de las prácticas educativas, así como la comprensión de esas prácticas y de las situaciones en que éstas tienen lugar” (Kemmis y McTaggart, 1992).

O como dice Porlán (1999)²⁵⁹, podemos definir la investigación escolar como un proceso general de producción de conocimiento, basado en el tratamiento de problemas, que se apoya tanto en el conocimiento cotidiano como en el científico, que se perfecciona progresivamente en la práctica y que persigue unos fines educativos determinados.

2.5.2 El proceso de investigación orientada

En las situaciones problema planteadas por el profesor, el estudiante aprende, porque sus concepciones sobre la realidad evolucionan en la medida en que procesa información nueva. El profesor aprende sobre cómo aprenden los alumnos con la vivencia del proceso investigativo y enseña porque está contribuyendo al desarrollo de competencias de alta complejidad, pues resulta evidente que la resolución de problemas tiene una gran importancia para el conocimiento y la intervención en la realidad. En efecto, desde el inicio mismo de toda resolución de problemas el estudiante que es consciente de sus carencias para responder y muchas veces para emprender la búsqueda tiene en conflicto sus concepciones previas, se da cuenta de que necesita de nuevas concepciones más acordes con las circunstancias planteadas (García y García, 1993).

A partir de situaciones problemáticas que favorezcan el aprendizaje significativo de las concepciones científicas mediante una (re)construcción de conocimientos fundada en criterios esenciales de la metodología científica como la estructura de

la ciencia. Aprender sobre el conocimiento en un proceso de metaconocimiento en el cual los estudiantes y profesores pueden profundizar en la estructura y el significado del conocimiento que tratan de entender (Novak y Gowin, 1988; Cañal et al, 1997; Furió, 2001).

Cuando el estudiante está intentando resolver el problema está poniendo en marcha el desarrollo de competencias cognitivas, actitudinales y axiológicas. En el campo cognitivo: conoce, comprende (traduce, interpreta, extrapola); analiza (estudia el todo, cada parte, las relaciona y deduce el principio organizador); sintetiza (produce comunicaciones, escribe, planea, diseña proyectos, enuncia o reenuncia hipótesis); evalúa (mide, obtiene información, explica y valora) y aplica o interviene (Bloom et al, 1981; Stone, 1999). En el campo actitudinal y axiológico ponen evidencia sus principios éticos, su interés y compromiso, su responsabilidad, su espíritu colaborativo, su capacidad de organización, de liderazgo, de interacción, de tolerancia, de respeto, etc.

Una competencia muy importante y sobre la cual se tienen muchas falencias es la capacidad investigativa. En todos los perfiles profesionales se dice al estudiante que al final de la carrera será capaz de investigar con un alto nivel de calidad, por ser egresado de la educación superior; sin embargo durante el proceso formativo no se alcanzan muchos de los logros que deben alcanzarse para que esta competencia se desarrolle, porque se realizan acciones puntuales que no logran consolidar la integralidad necesaria para que el espíritu investigativo y la capacidad investigativa alcancen el desarrollo necesario.

Por lo anterior se propone esta estrategia de investigación orientada, para que en el contexto de una nueva estrategia de aprendizaje, el alumno vaya aproximando sus concepciones al saber científico, despierte su interés por comprender y estudiar el conocimiento científico así como por aplicarlo en la solución de problemas cotidianos (García y García, 1993; Olson, 1991; Furió, 2001).

También se propone esta estrategia como excepcional para el desarrollo de competencias, porque ofrece la posibilidad de demostrar la capacidad de desempeño y todo lo que ésta lleva implícito. Sobre todo porque como anotábamos anteriormente Furió (2001), propone que sea un trabajo en pequeños grupos, en donde por medio de la interacción se cuestionan y reestructuran las concepciones de los estudiantes y con la colaboración se vive el proceso para resolver el problema y posibilitar el aprendizaje.

Este trabajo para alcanzar los logros propuestos es realmente efectivo gracias a una buena mediación docente y claro está a una participación comprometida y responsable por parte de los estudiantes. En este contexto las estrategias seleccionadas para implementar el proceso investigativo deben cumplir las exigencias de las que se pretende contrarrestar.

Como dice Furió (2001), quizás pueda parecer excesivamente dirigista, poco flexible e incompatible con una posición constructivista la presentación del conjunto de actividades previamente programadas por el profesor, pero, conviene no olvidar como indica Millar (1987) << él objetivo de la enseñanza de la ciencia en este caso, no es que los alumnos construyan sus propias ideas sobre el mundo sino que hagan suyas teorías científicas bien constituidas>> .

Para ello se proponen las siguientes etapas:

□ ORGANIZACIÓN

Actividades del profesor	Actividades del estudiante
<p>Evaluación diagnóstica: En esta etapa se desarrollan actividades que permitan conocer las ideas previas y la actitud hacia la asignatura</p>	<p>Evaluación diagnóstica: El estudiante participa en forma consciente y responsable interesado en reconocer sus propias concepciones y en valorarlas antes de emprender los nuevos aprendizajes.</p>

<p>Realimentación: Corrección y comentario de las pruebas de los estudiantes: Lectura de la clave de respuestas correctas. Respuestas a las preguntas de los estudiantes</p>	<p>Reconocimiento: El estudiante reconoce sus debilidades y fortalezas y trata de encontrar las causas de su situación para emprender acciones tendientes a la corrección de los errores y alcance de los logros pendientes para lograr los nuevos aprendizajes.</p>
<p>Intencionalidad: Explicación de los propósitos, competencias y logros. Manifestación de los propósitos por los cuales se quieren desarrollar los procesos de enseñanza y aprendizaje.</p>	<p>Reciprocidad: Es la expresión del grado de compromiso del estudiante con el alcance de los logros y por ende el desarrollo de las competencias. El estudiante demuestra que ha comprendido y quiere participar.</p>
<p>Exposición - Comentarios: Fundamentación básica y orientadora “Para saber cómo, es necesario saber qué, es decir cuál es el contenido que fundamenta aquello que se pretende lograr: su definición, clasificaciones y sus características.</p>	<p>Recepción de la información preliminar: El estudiante escucha y atiende a las explicaciones del profesor, pregunta sobre los aspectos poco claros.</p>
<p>Organización de los pequeños grupos: El profesor debe conformar los pequeños grupos para lograr una composición equilibrada, en cuanto a las cualidades de los participantes.</p>	<p>Integración y elaboración de normas de trabajo: Los estudiantes deben realizar una puesta en común sobre las ideas y poner las normas de trabajo para el funcionamiento del pequeño grupo.</p>
<p>Asignación de temas de investigación: A cada estudiante se le entrega el problema de investigación asignado a su grupo.</p>	<p>Lectura reflexiva: El estudiante debe leer cuidadosamente el problema para interpretarlo, o las preguntas y escribir algunas notas sobre lo que ha comprendido y las ideas que tiene para solucionarlo.</p>
<p>Organización de recursos: El profesor hace un inventario de los recursos disponibles y viabiliza el acceso de los estudiantes a ellos.</p>	<p>Organización de recursos: Los estudiantes ponen a disposición del profesor otros recursos y se preocupan por manejar con cierta solvencia los recursos informáticos.</p>
<p>Tiempo disponible: Informa sobre los plazos Revisa el cronograma de actividades</p>	<p>Tiempo disponible: Listado de actividades en orden de ocurrencia. Elaboran el cronograma de actividades.</p>

□ PLANEACIÓN

Actividades del profesor	Actividades del estudiante
<p>Visualización del problema: El profesor orienta la “aproximación cualitativa a las situaciones problemáticas para precisarlas y así llegar a definir las como problemas” (Furió, 2001).</p>	<p>Visualización del problema: Atienden y reciben las explicaciones del profesor y organizan sus apuntes.</p>
<p>Socialización de la interpretación: Orienta el trabajo en los pequeños grupos</p>	<p>Socialización de la interpretación: En cada grupo socializan las interpretaciones individuales del problema y realizan un consenso como punto de partida.</p>
<p>Presentación de los objetivos: Explicación de las capacidades que se desea desarrollar, los logros que se quiere alcanzar y los indicadores que deben evidenciar.</p>	<p>Socialización del alcance de los objetivos: Prestar especial atención y preguntar sobre los aspectos poco claros de las implicaciones que éstos tienen en su participación.</p>

□ EJECUCIÓN:

Actividades del profesor	Actividades del estudiante
<p>Marco de referencia: Explicación del concepto y sondeo de los saberes sobre consultas bibliográfica. Enunciado de posibles fuentes.</p>	<p>Marco de referencia: Selección de fuentes Distribución de tareas Organización de resultados de la consulta bibliográfica.</p>
<p>CTSA: Plenaria: Explicación del profesor sobre la contextualización del problema y las relaciones CTSA.</p>	<p>CTSA: Asistencia a la plenaria Preguntas</p>

<p>Componentes del planteamiento del problema:</p> <p>Explicación de las condiciones y componentes del ensayo.</p> <p>El mediador anima a los sujetos a solucionar los problemas de forma diferente, para despertar el gusto por lo nuevo y complejo; el mediador ha de intentar que los alumnos traten de resolver las tareas propuestas por procedimientos diferentes, aumentando también la complejidad de los mismos (Prieto, 1989).</p>	<p>Planteamiento del problema</p> <p>En cada pequeño grupo los estudiantes elaboran un ensayo sobre la percepción del problema, preocupándose por incluir las relaciones CTSA que se generan en el problema.</p> <p>Al comienzo del proceso metodológico es fundamental que los alumnos asuman la problemática a investigar como un auténtico objeto de estudio, es decir, como algo que les interesa realmente, que estimula en ellos actitudes de curiosidad y que activa su conocimiento previo (Garret, 1989).</p>
<p>Enunciado de hipótesis:</p> <p>El profesor explica el concepto de hipótesis</p>	<p>Enunciado de hipótesis:</p> <p>Cada pequeño grupo elabora la hipótesis de trabajo para orientar la solución del problema.</p>
<p>Estrategias:</p> <p>El profesor explica posibles estrategias sin indicar cuáles deben usar.</p>	<p>Estrategias:</p> <p>Cada pequeño grupo selecciona la estrategia o las estrategias con las cuales solucionará el problema</p>
<p>Puesta en marcha de la estrategia:</p> <p>Mediación y orientación</p>	<p>Puesta en marcha de la estrategia:</p> <p>Resolución del problema</p>
<p>Tutoría:</p> <p>Horario de tutoría</p> <p>Normas de tutoría</p>	<p>Tutoría:</p> <p>Previsión de las preguntas para la tutoría</p> <p>Asistencia</p>
<p>Informe final:</p> <p>Orientación sobre los componentes mínimos</p> <p>Orientación de la plenaria, valoración de las exposiciones y realimentación</p>	<p>Informe final:</p> <p>Presentación de los resultados</p> <p>Conclusiones y recomendaciones</p> <p>Exposición en la plenaria</p>

□ EVALUACIÓN

La evaluación tiene dos sentidos igualmente importantes: la evaluación por parte del alumno del trabajo realizado y de los resultados obtenidos y la evaluación por parte del profesor y del mismo alumno del trabajo realizado por cada estudiante.

◆ Evaluación de los resultados y del trabajo realizado

Actividades del profesor	Actividades del estudiante
<p>Revisar cuidadosamente los propósitos iniciales expresados en la intencionalidad.</p> <p>Observar, escuchar y tomar notas.</p> <p>Realimentar las valoraciones de los estudiantes</p> <p>Cuestionar cuando sea necesario los procesos seguidos y la validez de los logros.</p>	<p>Poner en evidencia el trabajo realizado</p> <p>Dar a conocer en plenaria los resultados obtenidos</p> <p>Valorar los resultados comparándolos con el esfuerzo</p> <p>Argumentar a favor de la validez de los hallazgos</p>

◆ Evaluación de los logros del estudiante

Actividades del profesor	Actividades del estudiante
<p>Evaluación diagnóstica:</p> <p>Realizada al inicio con el propósito de conocer las condiciones de entrada y suministrar información para el reconocimiento de sí mismo y del otro.</p>	<p>Evaluación diagnóstica:</p> <p>Realizada al inicio con el propósito de conocer las condiciones de entrada y suministrar información para el reconocimiento de sí mismo y del otro.</p>

<p>Evaluación Formativa:</p> <p>Se realiza durante todo el curso, observando el trabajo individual y de los pequeños grupos en su conjunto y revisando los diarios de grupo o portafolio en los que se están registrando los trabajos parciales. Es la oportunidad para valorar las actitudes y valores y realimentarlos</p>	<p>Evaluación Formativa:</p> <p>Los estudiantes deben tener en cuenta las observaciones que el profesor les hace tanto a su grupo como a los otros grupos en las plenarias. Cada grupo analiza cuidadosamente las observaciones que el profesor le hace a su diario de trabajo o portafolio o cualquier instrumento de registro que estén usando.</p>
<p>Evaluación Sumativa:</p> <p>El profesor ha ido llevando un diario de clase para registrar las observaciones sobre cada estudiante y sobre los grupos.</p>	<p>Evaluación sumativa:</p> <p>Los estudiantes deben registrar en el diario o en el portafolio los resultados de cada actividad, las revisiones producto de las correcciones a las observaciones del profesor.</p>

2.5.3 Estrategias didácticas dinamizadores del modelo de enseñanza y aprendizaje como investigación

Es reconocido por los maestros en todos los ámbitos que los alumnos aprenden de diferentes maneras de acuerdo con sus diferencias individuales, intereses y capacidades desarrolladas. Por eso, es importante que tanto el profesor como los estudiantes reconozcan y caractericen cada situación en particular, para diseñar e implementar las estrategias adecuadas de acuerdo con estas necesidades. Para ello, se debe tener en cuenta como dice Mercer (1997)233, que las formas de guiar la construcción del conocimiento, las pautas de comunicación en cualquier aula no están definidas simplemente por el estilo personal de enseñanza del profesor, ya que la investigación en el aula sugiere que a menudo hay una descoordinación entre la forma de enseñar las cosas y la forma y el contenido de lo que se espera que los alumnos aprendan.

2.5.3.1 Actividades de aprendizaje con Programa Guía de trabajo

El principal interés de toda la escuela es estimular al individuo que se está desarrollando para que participe en tomar sus propias decisiones y llegue a sus propias conclusiones con la ayuda de los profesores. El estudiante aprende a examinar las evidencias obtenidas y disponibles con relación con su problema. Se le anima a que piense y actúe por sí mismo y a que tome sus propias decisiones, basándose en los mejores argumentos e informaciones disponibles, para alcanzar aprendizajes significativos y por ende duraderos (Lenke, 1972)219.

El programa guía responde a esta necesidad dándole oportunidad al individuo para que tenga experiencias, para que analice esas experiencias y planee soluciones que se adapten a sus propias situaciones individuales, reconocidas a partir del estudio de sus ideas y actitudes previas (Lenke, 1972).

Un ambiente positivo se crea mejor incluyendo al alumno en el proceso de tomar decisiones. Cuando el alumno tiene la oportunidad de participar, discutir, cuestionar, buscar, comprender y tomar decisiones suceden dos cosas: Uno, ya no ve el aprendizaje como algo que debe hacerse para amoldarse a los deseos de otros, sino como un objetivo propio y Dos, toma parte en el proceso de decidir y crea actitudes positivas con respecto a la experiencia de aprendizaje.

2.5.3.1.1 El sentido de la estrategia de Educación con Programa Guía

El proceso de desarrollo de un individuo está estrechamente relacionado con las experiencias que tiene en su vida. Si estas experiencias son positivas, útiles y provechosas, entonces lo que venga de afuera se añadirá a ellas como una conquista nueva. Conseguir que se mantenga esta sensación y por qué no certeza, confianza en sus capacidades para alcanzar una nueva meta es la tarea de los profesores como mediadores y como guías del proceso educativo.

El objetivo en el proceso educativo y en particular del programa guía es llevar al alumno de las decisiones emocionales, impulsivas e inmaduras a soluciones racionales y maduras. Esto se puede conseguir ayudando a los jóvenes a ver las alternativas que están a su alcance en el proceso de tomar decisiones. En cuanto ven esas alternativas, pueden también ver por qué la decisión que toman es la mejor desde su propio punto de vista, en el mismo momento en que la toman. La escuela debe dar a los alumnos la oportunidad de tomar tales decisiones tanto en forma individual como en pequeños grupos (Lenke, 1972).

Esto significa que no sólo el estudiante con calificaciones bajas necesita ayuda, sino todos los alumnos, con el objeto de fortalecer su capacidad de percibir y aplicar soluciones a los problemas y realizar aprendizajes significativos. Por ello, Gil et al (1990), dicen que la cuestión de por qué elaborar programas – guía surge a menudo entre quienes, estando de acuerdo con las orientaciones constructivistas, conciben la construcción de conocimientos como algo más flexible y abierto, por actividades programadas con antelación.

En el contexto de la enseñanza de las Ciencias encontramos en Furió (2001), que la concepción del programa-guía de actividades ya fue definido por sus autores (Furió y Gil, 1978), como “La idea básica es que el desarrollo del tema ha de programarse a base de actividades a realizar por los alumnos constituyendo lo que podríamos denominar un programa guía. Con estas actividades se trata, en la medida de lo posible, de colocar a los alumnos en situación de producir conocimientos, de explorar alternativas, superando la mera asimilación de conocimientos ya elaborados”.

Con esta estrategia se quiere contrarrestar la idea de que el conocimiento se puede transmitir a otros como información, se trata de replantear la situación de transmisión de conocimiento en un contexto de reelaboración y construcción. Que los estudiantes comprendan las actividades mentales y procesos que se deben realizar para construir un conocimiento. Cuando se le da como algo acabado, ellos pueden creer que esta es una tarea muy fácil y pierden de vista el rigor necesario

para tal fin. “ No se trata, pues, de <<engañar>> a los alumnos, de hacerles creer que los conocimientos se construyen con la aparente facilidad con que ellos los adquieren, sino de colocarles en una situación por la que los científicos habitualmente pasan durante su formación, y durante la que podrán familiarizarse mínimamente con lo que es el trabajo científico y sus resultados, replicando para ellos investigaciones ya realizadas por otros, abordando, en definitiva, problemas conocidos por quienes dirigen su trabajo, Gil et al (1990).

Así pues, la idea central que preside la elaboración de un programa-guía consiste en que cada unidad temática abordada en forma de situación problemática - donde se integrarán tanto la introducción de conceptos, la discusión sobre las implicaciones sociales de la ciencia como resolución de problemas abiertos y el trabajo experimental - se traduzca en un conjunto de actividades, debidamente articuladas, a realizar por los alumnos estructurados en pequeños grupos de investigación, bajo la dirección del profesor (Furió, 2001).

Fortalezas del programa estructurado de actividades:

En la lectura de los artículos de Carlos Furió y Daniel Gil encontramos que el programa estructurado de actividades:

- Permite orientar actividades que tengan un hilo conductor que dé sentido a lo que los alumnos hacen.
- Permite cubrir el contenido del tema objeto de estudio.
- Favorece el trabajo colectivo de los alumnos.
- Facilita la detección de dificultades que se presenten.
- Facilita las actividades de evaluación.
- Ofrece el espacio para poner en práctica diferentes dinámicas de trabajo en grupo tales como lluvia de ideas, mesa redonda, debate o discusión guiada, phillips 66, estudio de casos, etc.
- Permite al profesor reformular si fuera necesario las aportaciones de los grupos.

- Favorece la construcción de redes conceptuales.
 - Dinamiza la discusión y puesta en común.
 - Potencia el intercambio entre los pequeños grupos.
 - Favorece la construcción y afianzamiento de los conocimientos
 - Familiariza a los estudiantes con las características básicas del trabajo científico.
 - Incentiva el interés crítico por las Ciencias y sus repercusiones.
 - Exige que el conjunto de actividades posea una lógica interna que evite aprendizajes inconexos y procesos excesivamente erráticos.
 - Permite al profesor reformular y sintetizar, si fuera necesario, las aportaciones de los grupos, orientando al propio tiempo la actividad siguiente.
-
- **Inconvenientes del programa estructurado de actividades:**
 - El manejo del tiempo puede convertirse en una dificultad, porque habrá diferente uso del tiempo en lo pequeños grupos y en la puesta en común puede utilizarse excesivo tiempo.
 - Ruptura de la unidad de clase, debido a las diferencias del ritmo en el trabajo de los grupos lo que se traduce, si las tareas son extensas, en desfases considerables, difíciles de recuperar.
 - Peligro de desorientación de los alumnos, dado que algunas actividades suponen la correcta realización de las anteriores.
 - Imposibilidad de que el profesor satisfaga las peticiones de ayuda de los pequeños grupos, que suele solicitarse simultáneamente sobre aspectos diferentes.
 - Presenta para los alumnos con ausencias a clase una mayor dificultad para ponerse al día.
 - Lograr la participación de todos los estudiantes, primero en los pequeños grupos y luego en la plenaria.

También se menciona –y cada vez con mayor frecuencia- el peligro de que los alumnos no deseen realizar el esfuerzo que supone trabajar las actividades y prefieran escuchar del profesor lo que hay que aprender; o bien que esta forma de trabajo les desorienta y les conduce a aprendizajes desconexos, faltos de coherencia por lo que prefieren el orden de una explicación o bien simplemente, que se aburren y no desean implicarse en las tareas que se les propone, encontrando menos molesto escuchar o aparentar que escuchan.

2.5.3.1.2 Fases de aplicación de la estrategia

Cada actividad está relacionada y ajustada a las necesidades cognitivas, actitudinales y axiológicas, ajustada al desarrollo de las competencias necesarias para alcanzar su formación integral. Esta estrategia debe cumplir con uno de los requisitos más importantes de la investigación orientada, “un programa guía aparece como algo siempre en (re)elaboración, sometido a retoques, añadidos y, a menudo, remodelaciones totales, fruto de la experiencia obtenida en su aplicación y de las nuevas aportaciones de la investigación didáctica (Gil et al, 1990)170.

En el programa guía de actividades las interacciones entre el profesor y el estudiante, entre los estudiantes en los pequeños grupos y luego en la plenaria de los grupos, se hace de una manera más consciente. En los pequeños grupos se deben preparar las exposiciones que se presentan en la plenaria y elaborarán minuciosamente las preguntas que harán a los otros grupos.

En el proceso de investigación orientada se sugiere una forma de organización de las actividades para las estrategias que se desarrollan en este contexto. Para mayor orientación en el desarrollo, en Gil et al (1990), encontramos una selección de tipos de actividades que agruparon en tres bloques denominados respectivamente de “iniciación”, de “desarrollo” y de “acabado” del tema (Furió y Gil, 1978):

A. Actividades de iniciación

En la primera etapa se dirigen las actividades a lograr atracción y gusto por las tareas a emprender sobre la base de la comprensión de los propósitos y de las exigencias que estas tareas le demandarán a cada uno. En este mismo sentido Gil et al (1991), mencionan que la primera cuestión a contemplar en la elaboración de un programa-guía es la necesidad en su presentación de actividades que proporcionen un interés y una concepción preliminar de la tarea. En forma esquemática son:

- Sensibilización al tema (motivación).
- Proporcionar una concepción preliminar de la tarea que sirva de hilo conductor.
- Evaluación diagnóstica.
- Explicitación y valoración de las ideas que posean los alumnos.

B. Actividades de desarrollo

- ◆ Construcción y manejo significativo de los conceptos
- ◆ Familiarización con aspectos clave del trabajo científico a desarrollar en el abordaje de problemas (experimentales o no).
- ◆ Estudio de las relaciones CTSA.
- ◆ Evaluación formativa

C. Actividades de acabado

- Elaboración de síntesis, esquemas, mapas conceptuales.
- Evaluación sumativa (cognitiva, actitudinal, axiológica).
- Evaluación de la estrategia.

2.5.3.1.3 Principios

La estrategia de programa guía de actividades debe:

- Atender a las necesidades académicas integrales de los estudiantes – cognitivas, actitudinales y axiológicas.

- Evitar la introducción arbitraria de conceptos.
- Hacer aproximaciones cualitativas a los conceptos, a base de ideas, antes de llegar a las definiciones operativas.
- Explicar la utilidad del concepto demostrando su validez en una diversidad de situaciones.
- Saber que cualquier concepto tiene un campo de validez que viene limitado por la propia definición.
- Conocer el significado físico o químico tanto del concepto como de sus unidades.
- Saber que el conocimiento de un concepto no se acaba en él mismo, sino que continua (¿y depende?) del resto de conceptos con los que está relacionado en el cuerpo teórico.
- Prestar atención a las posibles concepciones alternativas de los estudiantes.
- Proponer actividades problemáticas donde los alumnos tengan que emitir hipótesis.
- Hacer ver que los conceptos se forman, evolucionan y cambian con las teorías que los han ideado.
- Comprobar si los estudiantes dominan los prerrequisitos conceptuales y procedimentales necesarios para poder iniciar su construcción con éxito.

2. 5.3.2 Resolución de problemas

[...] Van quedando atrás aquellas visiones que reducían el aprendizaje de las Ciencias exclusivamente a la adquisición de conocimientos científicos, es decir, a la asimilación del cuerpo de conocimientos teóricos aceptados por la comunidad científica (Furió, 1997).

En la escuela y en la vida cotidiana los estudiantes actúan de una forma espontánea ante las situaciones conocidas, pero, en el proceso educativo se les suele enfrentar a situaciones desconocidas y más complejas cuya respuesta debe buscarse realizando procesos más elaborados. A estas últimas situaciones se les puede denominar como *problemas* por la carencia de una respuesta inmediata y los conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que exige para su solución.

Si admitimos que nuestras concepciones sobre la realidad evolucionan en la medida en que procesamos nueva información, resulta evidente que el saber afrontar situaciones problemáticas tiene gran importancia para conocerla e intervenir en ella. En efecto, todo auténtico problema provoca, durante su tratamiento, la evolución de las concepciones preexistentes. En este sentido, podemos decir que aprendemos en cuanto a que resolvemos los problemas que se originan en un entorno siempre diverso y cambiante (García y García, 1993).

La resolución de problemas ha sido una de las estrategias más favorecida para lograr aprendizajes complejos, lograr aprendizajes significativos, establecer relaciones teoría práctica, y en general desarrollar competencias en el nivel de aplicación tales como investigar, elaborar y ejecutar planes de acción, diseñar y ejecutar proyectos, etc. Sin embargo, en el caso del equilibrio químico en la asignatura de Química numerosos estudios han demostrado que otra causa de las dificultades encontradas está relacionada con la deficiente resolución de problemas.

En Quílez Pardo y Otros (1993)²⁸², encontramos que lo anterior se debe (Selvaratnam y Frazer, 1982; Camacho y Good, 1989), en gran parte a que los alumnos no realizan un planeamiento previo a cerca de lo que hay que resolver y a que carecen de estrategias adecuadas de resolución, limitándose, en la mayoría de los casos, a establecer relaciones entre todos los datos que se proporcionan en el problema y las ecuaciones que de forma necesaria creen que deben emplear. Las carencias y dificultades que indican estos autores guardan un paralelismo con otros estudios sobre resolución de problemas en Física y en Química en los que se señalan, entre otras, las siguientes causas en el fracaso de los estudiantes en la resolución de problemas:

- ♦ Falta de reflexión cualitativa previa y un tratamiento superficial del problema, que no se detiene en la clarificación de los conceptos (Nurremberny Pickering,

1987) y que conduce a un operativismo mecánico y a la no realización de un análisis de los resultados (Gil, Martínez y Senent, 1988).

- ♦ La dificultad en cuanto al control de variables (Selvara y Kumarasinghe, 1991) y en la relación de conceptos (Kempa, 1986), lo que les impide la justificación de sus respuestas.
- ♦ La incapacidad para distinguir entre la información que es esencial para resolver el problema y la que es irrelevante para ello (Kempa, 1986).

La enseñanza problémica concibe el conocimiento como un proceso en el cual se desarrollan formas de pensamiento, es decir, formas de ver la realidad, y en el que interviene y se desarrolla la creatividad García García, (2003)¹⁴². Este proceso consiste en “un sistema de procedimientos y métodos basado en la modificación del tipo de actividad a la cual se enfrenta el alumno (Martínez Llantada, 1986), en el que se proponen al alumno situaciones problemáticas que lo conduzcan a la reconstrucción del conocimiento y al desarrollo de sus habilidades de pensamiento básicas y superiores, en lugar de ejercicios de mecanización y aplicación de fórmulas; y se le exige pensar, participar, proponer y diseñar, es decir activar su mente en lugar de –callar, oír, escribir y memorizar- que es lo usual en la enseñanza tradicional.

La resolución de problemas, es una de las estrategias más comunes en los procesos de enseñanza y de evaluación, pero al mismo tiempo es una de las dificultades más frecuentes con que se encuentran los estudiantes durante su proceso de aprendizaje en los cursos básicos en el nivel universitario, y son quizá la mayor causa en el fracaso generalizado al momento de la evaluación.

Cuando se habla de formación integral se espera que el estudiante adquiera el dominio y las habilidades cognitivas que le permitan percibir los problemas y la suficiente sensibilidad científica y social para encontrar soluciones adecuadas. Esta situación exige al individuo la desestabilización de su estructura cognitiva, la reflexión crítica y el esfuerzo creativo para trascender las ideas que pierden la validez, y aceptar así nuevas ideas e incorporarlas a su saber. “En este sentido,

podríamos decir que aprendemos en cuanto que resolvemos los problemas que se originan en un entorno siempre diverso y cambiante” (García, 1995).

2.5.3.2.1 Definición de problema.

Un problema puede ser definido desde el grado de dificultad que presente al individuo o desde el camino utilizado para su solución; desde el primer criterio una solución puede convertirse en problema “solamente cuando ha sido reconocido como tal, es decir, cuando corresponden a una duda carente de respuesta (Garret, 1989)155, lo que implica que esta situación no es familiar para el alumno y presenta la novedad como característica fundamental (Contreras, 1987), por ello, un problema está representado en lo buscado en una pregunta o grupo de preguntas que generan una tensión en el pensamiento productivo de los individuos y cuya solución requiere de la búsqueda de nuevos conocimientos (Martínez Llantada, 1986).

Gil et al (1988), consideran como problema una situación que presenta dificultades para las cuales no existen soluciones evidentes, pues una vez conocidas estas, dejan de constituirse en problemas.

Un problema es una situación con un objetivo a lograr, que requiere del sujeto para ser cumplido, una serie de operaciones que permitan resolver la o las incógnitas contenidas en ella. Para que sea un verdadero problema, el sujeto no debe disponer de antemano del conocimiento de las estrategias a seguir para su resolución, o también se puede expresar como: "un problema existe donde una persona percibe una necesidad de lograr algún objetivo, pero, no sabe de inmediato como lograrlo Good y Otros (1997)183 ".

- ♦ Un problema existe cuando hay tres elementos, cada uno claramente definido:
 - Una situación inicial.
 - Una situación final u objetivo a alcanzar.

- Restricciones o pautas respecto a métodos, actividades, tipos de operaciones, entre otros, sobre los cuales hay acuerdos previos.

2.5.3.2.2 Tipos de problemas

Perales (2000)250, trabaja una clasificación de los problemas de acuerdo con criterios que él define como comunes y bastante trabajados, de esta manera se tienen las siguientes categorías según:

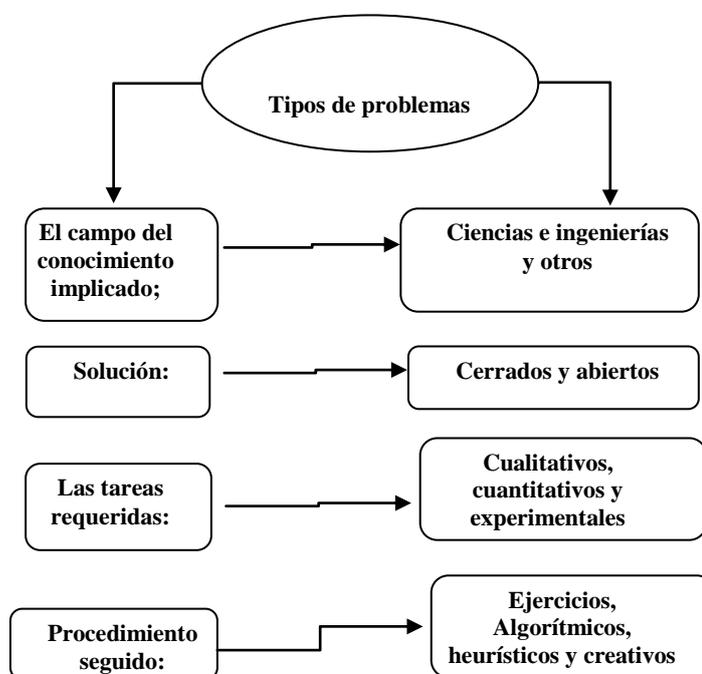


Figura 3.6: Tipos de problema

En general, se considera que los problemas pueden estar clasificados por el tipo de solución que requieren, el ámbito de aplicación que tienen, el objetivo para el cual se propone su resolución y la estructura misma del problema.

Según el tipo de resolución requerida y el ámbito de aplicación de los problemas (Gabel, 1988), clasifica los problemas en **artificiales y reales**, siendo los primeros aquellos que tienen una solución conocida por la persona que los ha presentado y los segundos, aquellos para los cuales no se conoce solución e incluso puede que

ésta no exista; también clasifica los problemas artificiales en problemas **cerrados con una solución única y problemas abiertos** que presentan un número variable de soluciones y, a los problemas reales entre aquellos que tienen un objetivo dirigido a resolver algún aspecto concreto de **interés científico, tecnológico o social** y aquellos que no tienen **ningún objetivo definido**.

De acuerdo con el objetivo para el cual se propone su resolución Gil et al (1988), clasifican los problemas utilizados en la enseñanza de las ciencias en las siguientes categorías:

Ejercicios de reconocimiento: son ejercicios y por tanto no son verdaderos problemas, que se utilizan para que el estudiante pueda desarrollar la capacidad de representar datos y acontecimientos, presentados inicialmente en un contexto semántico abierto y de forma cualitativa o cuantitativa; en contextos simbólicos, formalizados y estructurados.

Ejercicios algorítmicos: son ejercicios y por tanto no son verdaderos problemas, que se le presentan al estudiante con el fin de que éste mecanice series de procedimiento y patrones de resolución, que se repiten para determinados grupos de problemas numéricos dentro de una disciplina.

Problemas de aplicación: son situaciones que se pueden resolver con los conocimientos ya elaborados por el alumno, es decir, con el concurso de su conocimiento; que implican la utilización de su capacidad de transferencia de los conocimientos ya asimilados a situaciones nuevas.

Problemas de búsqueda: éstos son verdaderos problemas, ya que no pueden ser resueltas estrictamente con el conocimiento que posee el alumno, aunque requieren de su utilización; el objetivo de este tipo de problemas es la construcción del conocimiento por parte del estudiante.

Situaciones problemáticas: se definen como “situaciones objetivas que generan un estado psíquico de dificultad intelectual que provoca preguntas y la necesidad de elaborar respuestas” (Majimutov, 1972), y que producen el punto de partida del nuevo pensamiento, o de la necesidad de nuevos conocimientos, porque el estudiante no encuentra la respuesta inmediata, inclusive, es probable que ni siquiera comprenda la situación. Las situaciones problemáticas exigen “la interpretación de situaciones reales, lo que requiere de la comprensión de la situación, la creación, la modificación y adaptación de modelos para seleccionar, organizar e interpretar la información a partir de la situación y estrategias para utilizar y transformar ésta información y llegar así a la solución del problema.

Las diferencias de las situaciones problemáticas con los demás tipos de problemas se da gracias a varias características. En primer lugar, se distinguen porque para el estudiante la situación es nueva y seguramente no podrá obtener fácilmente los elementos cognitivos necesarios para responder, es decir, algo desconocido para el sujeto o que si recuerda haber oído del tema no posee un saber al respecto y porque el estudiante se siente interesado en resolverla, es decir, “está dentro de su campo de intereses cognoscitivos, presentando además un nivel de dificultad adecuado al grado de desarrollo de habilidades del estudiante, que genera la necesidad de transgredir los límites del conocimiento partiendo de los elementos conceptuales ya asimilados” Pozo y otros (1999) 266.

De acuerdo con la estructura de los problemas éstos se pueden clasificar en problemas **cuantitativos y cualitativos**, dividiéndose los primeros en problemas estándar o genéricos y problemas duros y los segundos en abiertos y cerrados.

Problemas cuantitativos.

Según Kean y Middlecamp (1967)²¹², citado por García García (2003), los problemas cuantitativos se pueden dividir en dos grandes grupos: los problemas de tipo **estándar o genérico** y los **problemas duros**. Los problemas genéricos son problemas modeladores desde los cuales todos los problemas son resueltos y,

que presentan un procedimiento estándar por el cual pueden ser resueltos, es decir, un algoritmo que consiste en una serie de pasos en orden para alcanzar el éxito de la resolución de problemas. Los problemas duros, son problemas más complejos y que pueden formularse por la combinación de algunos problemas genéricos, por el uso de un lenguaje más complejo y /o por la extensión de un problema.

La realización de problemas cuantitativos es importante para que los estudiantes puedan desarrollar herramientas que les permitan categorizar los problemas, construir un útil repertorio de algoritmos básicos y reconocer cuando deben modificar estos algoritmos para resolver problemas duros, además de servir para ejercitar sus mentes al forzarlos a la búsqueda de los conceptos requeridos para encontrar un algoritmo (Nakhleand y Mitchell, 1993).

◆ **Problemas Cualitativos**

Son problemas que requieren una explicación argumentada a una pregunta cualitativa, para los cuales no hay suficiente información, con el fin de obtener una respuesta cuantitativa. Regularmente, el problema cualitativo ilustra un problema físico con referencia a una situación física concreta y requiere un mínimo de trabajo cuantitativo (Genyee, 1983).

Según García García (2003), la resolución de problemas cualitativos mejora la comprensión conceptual de los estudiantes, porque la inexistencia de datos en el enunciado del problema evita que el estudiante empiece a buscar datos numéricos y las incógnitas para operar con ellos sin entender los principios y los conceptos involucrados en la situación, haciendo que él inicie con el análisis de la situación física a la cual se refiere el problema, para poder representarla y así saber que es lo que se le pregunta, lo que le habilitaría para tomar decisiones sobre cuales son las relaciones significativas que le pueden ayudar a resolver el problema y sobre cuáles son las estrategias que deba utilizar para lograr la explicación que le pide el problema cualitativo. La representación y el establecimiento de las relaciones válidas dentro de un problema cualitativo también “ayudan a entender la relación

entre las relaciones matemáticas y el contenido físico porque involucran cantidades físicas y porque expresan una relación entre estas cantidades, lo que es vital cuando el estudiante debe explicar adecuadamente la respuesta de un problema (Genyey, 1983).

- Estrategias de resolución de problemas

La resolución de problemas, es un proceso que permite además del desarrollo de competencias cognitivas el desarrollo de competencias actitudinales y axiológicas. El conjunto de actividades que deben realizarse en grupo se constituyen en herramientas muy efectivas para alcanzar los logros relacionados con la formación del espíritu científico y democrático, y con todas las actitudes y valores necesario para lograr capacidad de “convivir con otros en la sociedad”. La búsqueda de fundamentos y estrategias para solucionar el problema familiariza a los estudiantes con etapas importantes en la aplicación del método científico en los proceso de investigación.

Como la resolución de situaciones problemáticas es un procedimiento intelectual muy complejo, no se deben pasar por alto las distintas acciones que realiza nuestra inteligencia para resolverlo. La solución del problema debe estar al alcance del nivel de desarrollo cognitivo y de las capacidades del grupo de alumnos. Se deben proponer problemas simples para desarrollar capacidades complejas y favorecer el aprendizaje significativo (Perales, 2000).

Algunas analogías y diferencias entre la resolución de problemas cotidianos y la de problemas académicos

Analogías
Consecuencias negativas de una deficiente capacidad para resolver problemas
Requisitos mínimos para la resolución: conocimiento declarativo, procedimental y actitudinal
Diferencias

Resolución de problemas académicos	<p>El surgimiento es intencionado</p> <p>La solución, o resultado, suele ser conocido anticipadamente</p> <p>Los datos de partida del problema son conocidos</p> <p>Las diferencias experto/novato no suelen ser muy drásticas</p>
Resolución de problemas cotidianos	<p>El surgimiento del problema es espontáneo</p> <p>La solución es desconocida o ni siquiera se sabe que existe</p> <p>No se cuenta con todos los datos iniciales, por lo que se deben buscar expresamente</p> <p>Las diferencias experto/novato poseen una magnitud mayor</p>

Fuente: Tomado de Perales (2000) .

Los problemas deben ser de la vida cotidiana. Proponer problemas estrictamente técnicos no es una buena elección. En el proceso de resolución de problemas es esencial el aprendizaje matemático, no como motivación inicial o aplicación final, sino como el medio mismo por el cual se aprende. Es precisamente la capacidad resolutoria que logren los jóvenes lo que indicará la calidad de la educación matemática que se imparta en nuestro país; por ello constituye el quehacer fundamental en el aula y fuera de ella, donde el alumno debe saber qué va a hacer y con qué finalidad; y además, el alumno debe conocer el proceso a seguir en la actividad.

En Perales (2000), encontramos tres aspectos que inciden en la solución de problemas y cada uno posee una gran importancia o su falta resulta ser un gran inconveniente:

El conocimiento, es el primero de los aspectos y se refiere al conocimiento de los conceptos matemáticos adquiridos por el estudiante en el transcurso de sus diferentes etapas o niveles de escolaridad; conocimientos que forman parte de su

estructura cognoscitiva, que abarca los ya existentes y las diferentes formas de asociación y ordenación para darle cabida a una nueva situación.

Si la estructura cognoscitiva es ambigua y desorganizada, se tiene la tendencia a tomar información que no se necesita, ignorar datos que son esenciales o a enfrentar de una forma equivocada el problema. Si por otra parte la estructura cognoscitiva es clara, estable y convenientemente organizada surgen significados precisos que tienden a retener su fuerza de disponibilidad o a ser desechados de acuerdo a la situación problema que se tenga.

La comprensión lectora, que se inicia desde temprana edad, con la lectura del mundo (conocimiento del entorno), posteriormente a este proceso de aprendizaje simbólico se encuentra la enseñanza de la lectura y la escritura que se ha venido desarrollando de manera sistemática; generalmente este papel lo realiza la escuela mediante la aplicación de un vocabulario controlado, con sus rasgos ortográficos y en el desarrollo de una jerarquía de habilidades que forman parte fundamental en el currículo de las instituciones educativas.

Tales tradiciones no están basadas en una comprensión adecuada de la lectura, más bien en una decodificación de símbolos, lo cual no posibilita que el educando se forme una visión objetiva y crítica respecto del texto a leer. Nuestro medio no le ha dado importancia al cultivo de la lectura, ni mucho menos la lectura de textos relacionados con matemáticas.

En el proceso de comprensión de lectura, tanto el lector con su capacidad de comprensión, el propósito, el nivel cultural y social, el conocimiento previo, las actitudes frente a la lectura y los esquemas que tenga antes de leer son determinantes en la comprensión que se haga del texto, la constante ejercitación de las técnicas de lectura hacen que se comprenda más fácil y rápidamente el texto; como el lenguaje fluido utilizado por el autor del texto ayudará a una mejor comprensión.

Mientras leemos vamos construyendo el significado, que es la característica más importante de la lectura, luego lo reconstruimos a medida que vamos evaluando, ampliando y seleccionando la información adquirida.

Así como en las matemáticas, el uso de un adecuado lenguaje técnico, proporciona una facilidad de manejo y control de los datos y operaciones necesarias para interpretar y solucionar adecuadamente un problema planteado.

El sistema de creencias. En la enseñanza de las matemáticas, cuando se le ha dado prioridad a la memorización de conceptos y técnicas, el alumno adquiere la creencia de que lo importante en matemáticas es el utilizar en forma mecánica un tipo de algoritmo para solucionar todas las situaciones que se le presenten, sin preocuparse por comprender las estructuras que justifican el uso del algoritmo.

Algunas de las creencias con las cuales se califica al alumno que no posee, rapidez al responder, capacidad para aprender datos o procedimientos y para responder correctamente, es tildarlo de bruto, lento o estúpido. Además la concepción de que las matemáticas no tienen sentido y solo las comprenden los genios, que solo hay una manera de resolver un problema y debe tener una respuesta correcta, la utilización de estimaciones y el resolver problemas por ensayo y error es inadecuado.

2.5.3.2.3 Fases en la resolución de problemas.

Si se acepta la idea de que todo problema es una situación ante la cual se está inicialmente perdido, una posible orientación consistiría en preguntarse ¿Qué hacen los científicos en este caso? Con ello planteamos muy concretamente qué es lo que delante de lo que para ellos constituye un verdadero problema y no un enunciado de lápiz y papel como los que se incluyen en los libros de texto (Gil et al, 1992).

El primer paso: Proponer situaciones problemáticas interesantes que faciliten una concepción preliminar de la tarea y que sirvan a la construcción de un cuerpo de conocimientos (Furió, 2001). El alumno debe interpretar el enunciado de carácter abierto. Debe comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando

acotar y definir de manera precisa el problema, explicitando las condiciones que se consideran reinantes, para lograr una mejor comprensión y asumir una posición de búsqueda, reconociendo que se haya ante una situación nueva, para la cual no tiene una respuesta inmediata (Gil et al, 1992; Pozo et al, 1999; Perales, 2000; García García, 2003).

El segundo paso: Considerar cuál puede ser el interés de la situación problemática que se pretende abordar (Gil et al, 1988).

El tercer paso: Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, definiendo de manera precisa el problema, explicitando las condiciones que se consideran reinantes, etc. (Furió, 2001; Gil et al, 1992).

El cuarto paso: emitir hipótesis fundamentadas sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando en particular, casos límites de fácil interpretación física (Gil et al, 1988).

El quinto paso: es la presentación de las estrategias ordenadas para la resolución de las incógnitas parciales. Estas estrategias deben ser analizadas previamente para que sean eficaces, eficientes y efectivas.

El sexto paso: es la realización de los procedimientos correspondientes para lograr la resolución del problema. Según Gil et al (1988), verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando una vez más, operativismos carentes de significación física.

El séptimo paso: es la evaluación de las respuestas. Esto consiste en captar la razonabilidad del resultado obtenido con el contexto de la situación planteada. Estrategias utilizadas. Metodología participativa, mediante esta metodología el alumno es el protagonista de su aprendizaje, el problema es abierto y permite la interacción del alumno mediante preguntas y cuestionamientos.

Metodología directiva, El alumno es interrogado y posee un menor protagonismo, ya que debe resolver el problema usando los conocimientos que posee y sin ayuda externa.

Actividades a desarrollar. Actividades introductoras: Doble finalidad, despertar el interés del alumno y presentar el tema.

Actividades de desarrollo: Localizar fuentes de información, aportar ideas, analizar objetos y situaciones, aplicar conocimientos científico - técnicos, etc.

Actividades de refuerzo: Resumir y sintetizar los nuevos conocimientos.

2.5.3.2.4 Condiciones necesarias para la resolución de problemas.

Según Mayer (1983) en Pozo et al (1999), deben existir unas condiciones del problema, el contexto y el alumno, que garanticen el logro de unas competencias para resolver problemas, por lo cual es necesario que se cumpla como mínimo lo siguiente:

Los problemas se contextualicen, es decir que se planteen en contextos que les den significado. Las situaciones vinculadas con sus juegos, sus deportes, la vida familiar, su cultura, su historia, su comunidad, son, en este sentido, significativas.

Se menciona continuamente en todo el currículo, que los problemas deben estar ligados al entorno, a la realidad inmediata. Esto es válido en general, pero la situación también puede ser construida especialmente por el docente porque las situaciones naturales no siempre permiten abordar el aprendizaje deseado.

En todos los casos los jóvenes aprenden en situaciones ligadas a un contexto para ser capaces de transferir posteriormente sus conocimientos a otras situaciones no conocidas y finalmente a situaciones descontextualizadas.

Las situaciones varíen continuamente, tanto en lo que se refiere al contexto, al lenguaje verbal o gráfico utilizado, como en la forma de tratar el concepto. Los problemas deben permitir utilizar el concepto en situaciones diferentes cada vez y en toda su amplitud. Por eso deben evitarse los problemas tipo, donde sólo se cambian las cantidades y toda la estructura permanece inalterable.

Los problemas deben variar también, en relación con el tipo de dificultad: con datos completos, incompletos o inútiles, con información numérica o sin ella, con una o varias soluciones. Los problemas abiertos son especialmente importantes porque invitan a preguntar, a formular conjeturas, a buscar analogías, etc.

Los problemas se formulen en un lenguaje sencillo, para que la comprensión verbal no sea obstáculo y se pueda centrar la atención en lo matemático.

Los problemas correspondan a las capacidades reales de los jóvenes. Si son demasiado simples o ya conocidos por ellos, no existe el reto ni la emoción de trabajar algo nuevo; sencillamente ya no son un problema. Si, por el contrario, el nivel es demasiado alto, y está más allá de sus posibilidades, el esfuerzo resulta vano. Los jóvenes pierden interés, fracasan repetidas veces y, en todo caso, sólo memorizan el procedimiento para hallar la solución.

Generalmente se maneja como problema una situación conocida donde se le pide al joven que repita un procedimiento e incluso una respuesta; este tipo de problema no ayuda al desarrollo de habilidades matemáticas.

Los alumnos y alumnas trabajen en grupo, para que intercambien ideas, contrasten sus caminos y soluciones halladas y lleguen a soluciones grupales. Pero también debe haber un trabajo individual que dé ocasión para que el joven reflexione sobre su propio aprendizaje.

El docente esté permanentemente alerta para conocer los procedimientos seguidos por los jóvenes, a fin de disminuir tensiones, estimularlos y formar actitudes de

trabajo matemático como la perseverancia y la tenacidad en la búsqueda de soluciones.

Este trabajo de observación y acompañamiento permite al maestro, conocer y comprender el origen de los errores, para que, a partir de ellos, se pueda restablecer el equilibrio y ayudarlos en la construcción del conocimiento. Por ello, el maestro se convierte en el mediador entre los conocimientos que posee el alumno y los que se pretende que ellos construyan.

La resolución de problemas es una capacidad compleja. El trabajo en el aula se centrará en el desarrollo de las habilidades, estrategias y actitudes que componen esta competencia.

Donde se espera que el alumno desarrolle unas competencias básicas, como son:

- Razonar de forma deductiva e inductiva
- Relacionar conceptos.
- Operar con conceptos abstractos, como números, que representen objetos concretos.

- Resolver un problema implica.

Comprender el problema, lo que significa saber reconocer que existe un problema, apropiarse de la situación, representarla, saber extraer e identificar los datos, descubrir la pertinencia de éstos y explicar lo que se busca. Seleccionar el procedimiento adecuado a la naturaleza y condiciones del problema, esto implica elaborar o seleccionar estrategias o técnicas y formular conjeturas sobre las soluciones posibles:

- Hallar la o las soluciones y evaluar la pertinencia de las respuestas.
- Comunicar sus hallazgos en forma oral, escrita, gráfica o simbólica.
- Tener confianza en su propia capacidad para resolver problemas.
- Ser perseverante en la búsqueda de soluciones.

CAPÍTULO 3. CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Una vez presentado un breve análisis histórico y epistemológico del problema de equilibrio químico y algunas consideraciones desde la didáctica de las Ciencias para fundamentar la primera hipótesis de este trabajo, procedemos a plantearla y a concretar las dificultades que consideramos son más significativas en el aprendizaje del concepto de equilibrio químico y a relacionar estas dificultades con las evidencias que demuestran que efectivamente los profesores no tienen en cuenta los resultados de la investigación en didáctica de las Ciencias y que esta situación se encuentra también en los libros de texto.

“Los estudiantes de Química General de la Universidad Industrial de Santander, UIS, tienen serias dificultades de aprendizaje (de tipo conceptual, epistemológico, metodológico y actitudinal) de los contenidos del tema de equilibrio químico debido, entre otras razones, a que en el proceso de enseñanza de la Química no se tienen en cuenta los resultados de la investigación didáctica”.

3.1 CONSECUENCIAS DE APRENDIZAJE EXTRAÍDAS DE LA HIPÓTESIS

El aprendizaje en Química presenta muchas dificultades a los estudiantes por lo que “muchos aprendices son conscientes de que no aprenden como debieran. También aumenta la conciencia por parte de quienes enseñan, los maestros, que sus esfuerzos no tienen el éxito deseado” (Pozo, 1999). Incluso se realizan numerosas investigaciones sobre las implicaciones en las dificultades de los textos escolares.

Entre las causas más comúnmente aceptadas están las concepciones previas, definidas en múltiples investigaciones como ideas previas, concepciones alternativas y errores conceptuales, para explicar los efectos de procesos deficientes tanto en el aprendizaje como en la enseñanza que llevan a la construcción de conceptos sobre bases débiles por la carencia de comprensión y por el enfrentamiento entre las ideas que persisten y las nuevas ideas.

No se escapa a esta situación el estudio del tema de equilibrio químico, los alumnos llegan con un concepto ya establecido de los dos lados de los equilibrios físicos estáticos, como por ejemplo, el caso de los dos platillos de una balanza en equilibrio y a menos que se tenga cuidado de explicitar las diferencias entre el concepto químico y el concepto físico (más intuitivo), los alumnos pueden interpretar tácitamente que el profesor habla del equilibrio químico en términos de lo que ellos ya conocen acerca del equilibrio físico y entonces surge una imagen estática con dos lados. La idea anterior posiblemente, también está influenciada por la doble flecha con la cual se simboliza la ecuación química. Otras áreas de dificultad conceptual resaltadas por la investigación fueron el efecto de factores sobre los sistemas en equilibrio como la catálisis y la energía (Johnstone et al, 1977; Rocha et al, 2000).

Otro factor explicado por Furió y Furió (2000), que puede afectar significativamente el

aprendizaje son las formas de razonamiento espontáneo que pueden actuar como barreras epistemológicas y metodológicas, entre ellas se destacan la fijación y la reducción funcionales. La *fijación funcional* consiste en el aprendizaje memorístico de relaciones (conceptos y reglas) que impiden la reflexión y el pensamiento creativo ante situaciones reconocidas por el sujeto cognitivo. La *reducción funcional* (Viennot 1996), que se presenta cuando en una situación problemática se tiene que analizar la influencia de diferentes variables (causas) sobre una función o variable dependiente (efecto).

Otra dificultad claramente observable es que "si la introducción de los conceptos se hace, como indicaba Ausubel et al (1993), de manera arbitraria, se está favoreciendo un aprendizaje memorístico ya que el concepto no tendrá significación lógica e interés para el estudiante. En consecuencia, las primeras dificultades con las que se van a encontrar los estudiantes serán que no tienen claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico, ni tampoco van a disponer de información sobre cuestiones o ejemplos concretos de interés que se intentan resolver en el tema" (Moncaleano et al, 2003).

La literatura científica acerca de las dificultades detectadas en el aprendizaje del Equilibrio Químico, coincide en que su origen tiene relación con □ la experiencia que los alumnos poseen en el trabajo con reacciones químicas "irreversibles"; la importancia dada (en clase y en los libros de texto) a los cálculos estequiométricos, que ponen énfasis en los coeficientes de la ecuación química (Hackling, 1985) y la utilización de analogías para explicar el equilibrio dinámico por parte de los docentes y de los libros de texto. También Quílez (1997), presenta los errores conceptuales y dificultades de aprendizaje relacionados con el intento de aplicación del principio de Le Chatelier en situaciones donde no tiene aplicación o está limitado. Estas deficiencias tienen un origen metodológico y se ven propiciadas por los planteamientos didácticos incorrectos que realizan los profesores. En estos casos el principio de Le Chatelier se utiliza como regla segura y universal, eclipsando otros razonamientos alternativos de mayor rigor conceptual.

Las consecuencias relativas al aprendizaje de mayor significación que han sido tomadas como objeto de estudio en esta investigación son:

1. Los estudiantes no tienen claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el concepto equilibrio químico.
2. Los estudiantes no tienen criterios químicos claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio.
3. Los estudiantes desconocen el campo de validez de la constante de equilibrio.
4. Los estudiantes no interpretan que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso.
5. Los estudiantes presentan la fijación y la reducción funcionales como formas de razonamiento de sentido común al proponerles cuestiones cualitativas sobre perturbación del equilibrio.
6. Los estudiantes no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica.

3.2 CONSECUENCIAS RELATIVAS A LA ENSEÑANZA EXTRAÍDAS DE LA HIPÓTESIS

Se acepta como preocupante el desconocimiento que un importante número de profesores de ciencias hace de las estrategias diseñadas en el contexto de las investigaciones experimentales, en las cuales se han obtenido resultados importantes a favor del aprendizaje significativo y por ende en la calidad de la educación. Es decir, “su desconexión con los avances de las diversas disciplinas relacionadas con la

enseñanza de las Ciencias (y particularmente de la didáctica de las Ciencias). Desde este punto de vista, el modelo transmisivo es un modelo falto de rigor y fundamentación científica actualizada, lo que no es imputable, solamente a los profesores sino a la enorme influencia de la cultura de sentido común sobre lo pedagógico y lo científico en el conjunto de la población” (Porlán, 1999).

Esta situación se replica en los libros de texto porque los autores son profesores que imprimen las mismas características que quieren dar a su proceso metodológico. El profesor cree que no es necesario dedicarle tiempo a la intencionalidad como fuerza motivante e impulsora del esfuerzo para lograr el aprendizaje, esto se observa en su texto donde considera necesario dedicarle más tiempo y espacio a la exposición del tema.

Después de esta visión resumida del problema se presenta una tabla de doble entrada donde figura, en primer lugar, la competencia de comprensión de conceptos científicos definida en general y, en segundo lugar, las posibles implicaciones didácticas en forma de concepciones o visiones deformadas en las que se puede incurrir por la enseñanza del equilibrio químico y se establece un vínculo con las consecuencias derivadas de los resultados obtenidos.

RELACIÓN ENTRE LAS COMPETENCIAS QUE SE DEBEN DESARROLLAR EN LA COMPRENSIÓN DEL CONCEPTO DE EQUILIBRIO QUÍMICO Y LAS DEFICIENCIAS DIDÁCTICAS EN LAS QUE SE PUEDE INCIDIR POR ACCIÓN U OMISIÓN

COMPETENCIAS	DEFICIENCIAS DIDÁCTICAS
<p>a) Saber que el concepto es una construcción hipotética para dar</p>	<p>-Concepción <i>aprobemática</i> y <i>ahistórica</i> (y, por tanto, arbitraria) si no se presenta o discute en clase el o los</p>

<p>respuesta a problemas de la Ciencia, la Tecnología y/o de la Sociedad.</p>	<p>problemas que pretende resolver el concepto o que se plantearon antiguamente. (Consecuencia C.1)</p> <p>-Concepción socialmente descontextualizada de la ciencia si en la enseñanza no se tratan (o se hace superficialmente) las relaciones CTSA. (Consecuencia C.2)</p> <p>(En el caso del Equilibrio Químico se intenta resolver el problema de las denominadas históricamente como ‘reacciones incompletas’. Más tarde se trató de resolver o, más bien, mejorar el rendimiento de procesos de obtención de materiales útiles para la sociedad como, por ejemplo, el proceso Haber (producción de amoníaco), etc.</p> <p>-Visión empiro-inductivista y atórica de la actividad científica si se parte de la observación de datos para inducir la ley correspondiente. En particular, si no se tiene en cuenta el marco teórico o la hipótesis que focaliza las preguntas o problemas y orienta los diseños para obtener los datos. (Consecuencia C.3)</p> <p>(También se puede caer en una concepción empirista de la ciencia cuando se confunden las descripciones de los hechos o evidencias macroscópicas (no hay reacción a pesar de que hay reactivos, se puede retrotraer el proceso,...) con las explicaciones microscópicas que surgen del modelo teórico (de reacción química) (Se incluirá más adelante como C.5)</p>
<p>b) Saber expresar el significado cualitativo atribuido al concepto de forma comprensible y</p>	<p>-Visión rígida (algorítmica, exacta, infalible) de la actividad científica donde se resalta exclusivamente el tratamiento cuantitativo olvidando los aspectos cualitativos que dan significación a las definiciones</p>

<p>comprender también la definición operativa del mismo.</p>	<p>operativas. O se favorece el aprendizaje memorístico de algoritmos en forma de rutinas sin mucho sentido para el estudiante. (Consecuencia C.4.1)</p> <p>En el caso del Equilibrio Químico se puede caer en este tipo de concepciones si no se hace énfasis en el significado cualitativo de K_c así como en la comprensión de su definición operativa como constante no dependiente de las concentraciones. También se incide en estas visiones cuando se inducen razonamientos de sentido común como la fijación y reducción funcionales al presentar rutinas memorísticas en aspectos cualitativos como la predicción al perturbar el sistema en equilibrio, convirtiéndose de esta manera en un obstáculo importante para la adquisición de un pensamiento reflexivo, hipotético y productivo más próximo a la forma como se generan las construcciones científicas. (Furió et al, 2000).</p>
<p>c) Saber aplicar el concepto implica las siguientes competencias:</p> <p>c.1)-Saber explicar a partir del concepto muchas situaciones diversas (relaciones CTSA).</p> <p>c.2)-Reconocer que el</p>	<p>En la competencia c.1 se puede caer también en la visión <i>descontextualizada en lo social</i> como se ha indicado en la consecuencia C.3.</p> <p>En la competencia c.2 se puede incidir en la visión <i>individualista y elitista</i> de la ciencia si no se tiene en cuenta el carácter social y colectivo de la ciencia (estructuras en forma de equipos de investigación).</p> <p>En la competencia c.3 se puede hacer ver en clase cómo se explican fenómenos naturales como la formación de</p>

<p>uso colectivo del mismo implica su aceptación por la comunidad científica.</p> <p>c.3)-Valorar su utilidad para resolver problemas.</p> <p>c.4)-Saber cuando no se puede aplicar, es decir, saber que tiene un campo de validez dependiente de su definición y de su marco teórico.</p>	<p>estalactitas y estalagmitas en las cuevas, cómo evitar accidentes en la inmersión submarina o a qué se debe el mal de altura cuando se sube a montañas elevadas. O los típicos problemas cuantitativos de calcular, por ejemplo, el estado de equilibrio a partir de las condiciones iniciales de reacción. Como contraria a esta competencia estaría la familiarización de los estudiantes con rutinas basadas en razonamientos de ‘sentido común’ que producen fijación o reducción funcional (Consecuencia C.4.3)</p> <p>En la competencia c.4 se puede relacionar con el desconocimiento que se tiene sobre el campo de validez de la constante del Equilibrio Químico incidiendo por acción u omisión en la concepción <i>rígida</i> que se mencionaba anteriormente creyendo que el concepto tiene una validez universal (visión <i>infalible</i>).(Consecuencia C.4.2).</p>
<p>d) Valorar el carácter tentativo y evolutivo del concepto lo que significa que si cambia la teoría también lo hará el</p>	<p>-Concepción meramente acumulativa del desarrollo científico y tecnológico donde se transmite una visión acrítica de crecimiento lineal en la producción de conocimientos científicos.</p> <p>Sobre esta visión deformada se hizo una pregunta en la red de análisis de libros de texto, el ítem 6, donde se encuentra que no se establece relación entre los niveles de representación macro y microscópica pues en un alto porcentaje se tiene en cuenta solo la representación macroscópica del carácter dinámico del equilibrio. (Consecuencia C.5).</p> <p>En el caso del Equilibrio Químico conviene observar que la primera vez que se introdujo la definición operativa de</p>

significado del concepto.	la Kc se manejó por Guldberg y Waage la idea de ‘fuerza impulsora’ de las reacciones directa e inversa proporcionales a las velocidades de reacción dependientes de las ‘masas activas’, concentraciones de reactivos y productos. Más adelante, se interpretó el Equilibrio Químico con el segundo principio de la Termodinámica y, en particular, con la dependencia de Kc respecto de la variación de la energía libre estándar del proceso. Los resultados en ambos cuerpos teóricos fueron convergentes lo que da validez y coherencia a los conocimientos científicos.
e) Saber relacionarlo con otros conceptos que forman parte del marco teórico en el que se ha introducido	-Concepción <i>exclusivamente analítica</i> en la que se resalta la necesaria parcelación inicial de los estudios pero se olvidan los esfuerzos posteriores de unificación y de formación de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios. También se puede suponer que esta visión deformada es el fundamento de la falta de establecimiento de relaciones entre conceptos del mismo marco teórico

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

En este apartado se sintetizan todos los elementos que desde la realidad cotidiana han servido al planteamiento del problema y los argumentos que desde las disciplinas y los resultados de la investigación sirven de fundamentación para emprender el camino del estudio, renovación y transformación de las prácticas en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias.

El diseño organiza la observación, la intervención, así como, la determinación de los detalles específicos de los procedimientos para la operativización y contraste de las hipótesis.

3.3.1 Objetivos de Investigación

OBJETIVO GENERAL

Demostrar que los estudiantes tienen dificultades en el aprendizaje del tema de equilibrio químico debido a que la enseñanza recibida en el curso de Química General no tiene en cuenta los resultados de la investigación didáctica.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

En el nivel de representación macroscópica

Demostrar que los estudiantes:

1. no tienen claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico.
2. no tienen criterios químicos claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio

En el nivel de representación microscópica

Demostrar que los estudiantes:

3. desconocen el campo de validez de la constante de equilibrio;
4. no interpretan que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso;
5. presentan la fijación y la reducción funcionales como formas de razonamiento de sentido común al proponerles cuestiones cualitativas sobre perturbación del equilibrio;
6. no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica.

En la enseñanza

7. Demostrar que las dificultades en el aprendizaje tienen estrecha relación con las carencias en la enseñanza.

En los textos de estudio

8. Demostrar que en los libros de texto se presentan las mismas carencias que presentan los docentes en la enseñanza.

3.3.2 Contexto y población de la investigación**Estudiantes**

El trabajo de investigación se realizó con estudiantes de Química General de la Universidad Industrial de Santander – UIS – de Colombia. Son jóvenes de 17 a 18 años, que han sido admitidos a esta institución pública debido a que han obtenido altos puntajes en las pruebas de selectividad, que realiza el estado.

La división de servicios académicos distribuye aleatoriamente los estudiantes en grupos organizados por materias y horarios en el ciclo básico. El curso de Química general se imparte a 700 estudiantes por semestre distribuidos en 16 grupos de más o menos 44 estudiantes cada uno. Estos cursos son orientados por profesores de la Escuela de Química.

En este ciclo la escuela de Química realiza los exámenes en forma colectiva. Es decir se aplica al mismo tiempo, la misma prueba a todos los estudiantes que cursan la asignatura.

Para contrastar la primera hipótesis se aplicaron los cuestionarios a dos grupos durante cuatro semestres correspondientes a los períodos lectivos de los años 2002 y 20003.

Dado que los estudiantes tienen características y competencias muy similares al tomar la asignatura de Química General, se aplicó el cuestionario A a la mitad de estudiantes de cada grupo y el cuestionario B a la otra mitad. Estos cuestionarios se entregaron en forma intercalada después de estar ubicados los estudiantes en el aula de clase.

Profesores

Los cuestionarios se aplicaron a profesores de la Escuela de Química que en el momento estaban orientando cursos de Química General y otros que aunque en el momento no tenían cursos de esta asignatura sí la han orientado en varias oportunidades.

Libros de texto

En el análisis se incluyen 51 textos utilizados en el nivel de bachillerato y en la Química General del nivel universitario, tanto en España como en Colombia. (Ver ANEXO 4).

3.3.3 Diseño de observación

DIFICULTADES DE APRENDIZAJE

Objetivo específico de investigación 1.

Hipótesis Derivada 1.

Demostrar que los estudiantes no

Los estudiantes no tienen claro a qué problema

<p>tienen claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico.</p>	<p>estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico porque no tienen clara la intencionalidad del estudio del tema, como una respuesta a la necesidad de explicar por qué suceden las reacciones químicas.</p>
<p>Preguntas</p>	
<p>Estudiantes B.2 ¿Qué cuestiones o problemas crees que resuelve el tema de equilibrio químico?</p>	
<p>Estudiantes A.2 Menciona, como mínimo, dos ejemplos de equilibrios químicos que creas que tengan interés.</p>	
<p>Profesores 1. Al introducir en clase el tema de equilibrio químico generalmente los profesores exponemos a los alumnos los motivos de su estudio (para qué se estudia). ¿Cuáles motivos consideras que justifican el estudio del equilibrio químico?</p>	
<p>Libros de texto. Item 1. Introducción del tema y propósitos de su estudio.</p>	
<p>Objetivo específico 2.</p>	<p>Hipótesis Derivada 2.</p>
<p>Demostrar que los estudiantes no tienen criterios químicos claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio.</p>	<p>Los estudiantes no tienen criterios químicos claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio porque desconocen la reversibilidad del proceso, la constancia de la composición del sistema y/o la igualación de las velocidades de la reacción directa e inversa.</p>
<p>Preguntas</p>	
<p>Estudiantes A.1 Explica, tan extensamente como necesites, qué es un equilibrio químico para ti.</p>	
<p>Estudiantes B.1 ¿Cómo podemos saber si en un sistema químico formado por varias sustancias (reaccionantes y productos) se ha alcanzado el equilibrio?</p>	

Estudiantes A.5 Se desea obtener 2 moles de $\text{PCl}_3(\text{g})$ descomponiendo $\text{PCl}_5(\text{g})$ a 270°C en un recipiente de 2 litros. Si a esta temperatura K_c para la reacción $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ vale 2, indicar cuántos moles de PCl_5 se deben poner inicialmente en el recipiente.

Profesores 2. Supongamos que se trata de diseñar una unidad didáctica dedicada al estudio del equilibrio químico. Indica la secuencia de contenidos (a manera de hilo conductor) que sería, en tu opinión, la mejor para explicar el tema.

Libros de texto. Item 2. Interpretación del concepto de equilibrio químico

Objetivo específico 3.

Demostrar que los estudiantes desconocen el campo de validez de la constante de equilibrio.

Hipótesis Derivada 3.

Los estudiantes desconocen el campo de validez de la constante de equilibrio porque no tienen en cuenta que la constante depende de la forma en que se simbolice la interacción entre las sustancias y de la temperatura a la cual se realice el proceso.

Preguntas

Estudiantes B.3 La ley del equilibrio químico se aplica a cada reacción química y se concreta en la denominada “constante de equilibrio”. ¿De qué factores crees que depende esta constante de equilibrio?

Profesores 5. Al preguntar a unos estudiantes: ¿De qué factores depende la constante de equilibrio, K_c ? Algunos de ellos respondieron: “Depende de la temperatura y de las concentraciones de las sustancias en equilibrio”. ¿Qué comentarios le harías a la respuesta de estos alumnos?

Libros de texto. Item 3. Campo de validez de la constante de equilibrio

Objetivo específico 4.

Demostrar que los estudiantes

Hipótesis Derivada 4.

Los estudiantes no interpretan que, desde un punto

<p>no interpretan que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso.</p>	<p>de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso porque no comprenden que esta constante expresa la relación cualitativa de la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa.</p>
<p>Preguntas</p>	
<p>Estudiantes A.3 Se hicieron varios experimentos para determinar la constante de equilibrio, K, de la reacción del “gas de agua”: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ a una temperatura dada. Se encontró que el valor de K a esta temperatura vale 2. Explica qué significa este valor de la constante de equilibrio.</p>	
<p>Profesores 4. Muchos profesores que han enseñado el equilibrio químico consideran este tema bastante complejo. ¿Cuáles crees que son las principales dificultades de aprendizaje que tienen los alumnos en este tema?</p>	
<p>Libros de texto. Item 4. Significado e interpretación de la constante de equilibrio</p>	
<p>Objetivo específico 5.</p>	<p>Hipótesis Derivada 5.</p>
<p>Demostrar que los estudiantes presentan la fijación y la reducción funcionales como formas de razonamiento de sentido común al proponerles cuestiones cualitativas sobre perturbación del equilibrio.</p>	<p>Los estudiantes presentan la fijación y la reducción funcionales como formas de razonamiento de sentido común, que impiden la reflexión, el pensamiento creativo y el análisis de la influencia de diferentes variables sobre una función o variable dependiente, al proponerles cuestiones cualitativas sobre perturbación del equilibrio</p>
<p>Preguntas</p>	
<p>Estudiantes B.4 Empleando un razonamiento diferente al principio de Le Chatelier,</p>	

¿cómo puedes explicar el sentido de evolución del equilibrio $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$, si agregamos $\text{PCl}_5(\text{g})$ a V y T constante?

Profesores 6. Qué razonamientos se pueden emplear en clase para explicar la perturbación que sucedería en un sistema en equilibrio cuando se le añade un poco de un reactivo a volumen y temperatura constantes?

Libros de texto. Item 5. Modificación de la situación de equilibrio.

Objetivo Específico 6.

Demostrar que los estudiantes no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica.

Hipótesis Derivada 6.

Los estudiantes no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica porque no tienen en cuenta la naturaleza corpuscular y cinética de la materia.

Preguntas

Estudiantes B.4 Empleando un razonamiento diferente al principio de Le Chatelier, ¿cómo puedes explicar el sentido de evolución del equilibrio $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$, si agregamos $\text{PCl}_5(\text{g})$ a V y T constante?

Estudiantes A.4 Las moléculas del pentacloruro de fósforo (PCl_5) se descomponen a 30°C en moléculas de tricloruro de fósforo (PCl_3) y de cloro (Cl_2). Se introduce cierta cantidad de PCl_5 en un erlenmeyer cerrado a aquella temperatura. Al cabo de bastante tiempo, se comprueba que aún queda masa de pentacloruro de fósforo por descomponer y que esta cantidad se mantiene. ¿Cómo se explica que la descomposición de PCl_5 no continúe siendo así que sigue estando a 30°C ?

Profesores 3. Los profesores antes de empezar a introducir el tema de equilibrio químico, planificamos qué aprendizajes queremos que logren los alumnos. Expresa todo aquello que consideres que sería importante que supieran los alumnos al acabar el estudio del tema.

Libros de texto. Item 6. Relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica.	
Libros de texto. Item 7. Algunas dificultades de aprendizaje detectadas por la investigación didáctica	
Libros de texto. Item 8. Otros aspectos generales	
3.3.4 Obtención y manejo de la información	
Obtención de la información sobre el aprendizaje de los estudiantes	
Cuestionario	¿Cuándo se aplicaron las preguntas?
A	Los dos cuestionarios se aplicaron aleatoriamente a los estudiantes de los grupos que cursaban segundo semestre de ingeniería durante los años 2002 y 2003.
B	
Cuestionario	¿Cómo se registró la observación?
A	Los estudiantes recibieron los cuestionarios con las preguntas antes mencionadas las cuales debieron responder en forma escrita. Para ello no hubo restricciones de extensión ni de tiempo.
B	
Manejo de la Información	
Cuestionarios para detectar las dificultades de aprendizaje	Análisis de datos
Respuestas a los cuestionarios	Lectura analítica para buscar la correspondencia con los criterios de valoración. Codificación de acuerdo con los criterios de

	valoración.
Tablas	Representación en porcentajes de frecuencias de las respuestas en categorías de acuerdo con los criterios de valoración.
Gráficas	Histogramas de frecuencias.
Obtención de la información sobre las carencias en la enseñanza y en el diseño de textos	
Cuestionario	¿Cuándo se aplicaron las preguntas?
Un cuestionario conformado por seis preguntas estrechamente relacionadas con las dificultades de aprendizaje.	El cuestionario se aplicó a los profesores participantes en la investigación al finalizar el semestre académico.
¿Cómo se registró la observación?	
Los profesores recibieron el cuestionario con las preguntas antes mencionadas las cuales debieron responder en forma escrita. Para ello no hubo restricciones de extensión ni de tiempo.	
Manejo de la Información	
Cuestionarios para detectar las carencias en la enseñanza	Análisis de datos
Respuestas a los cuestionarios	Lectura analítica para buscar la correspondencia con los criterios de

	<p>valoración.</p> <p>Codificación de acuerdo con los criterios de valoración.</p>
Tablas	<p>Representación en porcentajes de frecuencias de las respuestas en categorías de acuerdo con los criterios de valoración.</p>
<p>Obtención de la información sobre las carencias en el diseño de textos</p>	
<p>Rejilla de análisis</p>	<p>¿Cuándo se aplicaron las preguntas?</p>
<p>Conformada por ocho preguntas estrechamente relacionadas con las dificultades de aprendizaje</p>	<p>Cada libro de texto fue analizado con base en las ocho preguntas de la rejilla.</p>
<p>¿Cómo se registró la observación?</p>	
<p>A cada libro de texto se le aplicó la rejilla de análisis que posteriormente se integró en un cuadro final.</p>	
<p>Manejo de la Información</p>	
<p>Rejilla de análisis</p>	<p>Análisis de datos</p>
<p>Cuadro final</p>	<p>Lectura analítica para buscar la correspondencia con los criterios de valoración.</p> <p>Codificación de acuerdo con los criterios de valoración.</p>

Cuadro final	Representación en porcentajes de frecuencias de las respuestas en categorías de acuerdo con los criterios de valoración.
--------------	--

3.4 OPERATIVIZACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Dificultades en el aprendizaje del concepto de equilibrio químico

3.4.1.1 Propósitos y criterios de valoración de los cuestionarios aplicados a los estudiantes

Estos criterios de valoración se construyeron con base en las dificultades de aprendizaje detectadas en la literatura de la investigación en didáctica de las ciencias y en los resultados de la investigación realizada con alumnos de COU y verificadas posteriormente con estudiantes que cursan Química general en las carreras de ingeniería de la UIS.

Con un estudio piloto realizado en el segundo semestre del 2002 con estudiantes de Química general de la UIS verificamos que las dificultades eran las mismas encontradas anteriormente y por esta razón se conservaron los criterios mencionados.

CUESTIONARIO A

Pregunta A1: Explica, tan extensamente como necesites, qué es un equilibrio químico para ti.

Propósito

Con este ítem se pretende detectar qué ideas usan los alumnos en su argumentación sobre el concepto de equilibrio químico y además conocer qué características y condiciones del estado de equilibrio mencionan los estudiantes en su explicación.

Criterios de valoración de las respuestas

i) Lo primero que hay que tener presente es que el equilibrio químico no es ni una reacción, ni un proceso, por mucho simbolismo que se utilice. Es una situación o un estado muy peculiar de un sistema químico donde coexisten las sustancias reaccionantes y productos de una reacción química dada.

ii) Lo segundo (aunque esto será mucho más difícil que lo respondan y, por tanto, convendría relativizar su exigencia) es reconocer que el campo de validez del equilibrio químico es el del estudio de los procesos que transcurren en condiciones de reversibilidad. Por ejemplo, en el caso de las combustiones no tiene sentido hablar de equilibrio químico porque no se dan aquellas condiciones. Es decir, para hablar de Equilibrio químico se ha de dar la posibilidad de realización de procesos que pueden transcurrir en dos sentidos contrarios y aceptar que, desde el punto de vista macroscópico, si perturbamos un estado de equilibrio el sistema volverá a un nuevo estado de equilibrio (reversibilidad macroscópica). De ahí se colige que el problema principal que resuelve el tema del equilibrio químico sea el de la predicción de por qué sucede uno u otro proceso pudiendo tener lugar cualquiera de ellos. Quedarán por fuera del campo de validez del equilibrio químico los procesos que transcurren irreversiblemente o en condiciones de irreversibilidad.

iii) Lo que sí se puede exigir en las respuestas de los estudiantes es que, aunque predomine inicialmente una de aquellas 2 posibilidades, se llega a una situación en que no cambia la composición sin que se agoten los reactivos (ni tampoco cambian las otras propiedades del sistema, como la temperatura, etc.).

iv) Para poder diferenciar una situación estable de equilibrio de otra metaestable

habría que incidir suavemente sobre el sistema y comprobar si regresa a la misma situación inicial (de nuevo, aparece la reversibilidad macroscópica). Esta última condición puede considerarse una exigencia demasiado elevada.

Graduación del criterio de valoración.

Se considera correcta la respuesta si se incide en i) e iii) solamente (rebajar las exigencias de ii) e iv).

Pregunta A2: Menciona, como mínimo, dos ejemplos de equilibrios químicos que creas que tengan interés.

Propósito

Se trata de conocer el grado de percepción que los alumnos tienen de las relaciones CTS del tema de equilibrio químico. Si el alumno ha estado motivado con el estudio del equilibrio químico le será fácil dar respuestas rápidas y claras; de lo contrario tendrá dificultad para evocar algún ejemplo.

Criterios de valoración de las respuestas

Para valorar las respuestas se han diseñado las siguientes categorías de acuerdo al número de ejemplos que creemos citarán los alumnos:

1. Respuestas que no mencionan algún ejemplo de equilibrio químico.
2. Respuestas que mencionan 1 ejemplo de equilibrio químico.
3. Respuestas que mencionan 2 o más ejemplos de equilibrio químico.

Graduación del criterio de valoración.

Para ser positiva la respuesta se considera la simple mención del ejemplo sin necesidad de justificar cuales son las sustancias implicadas en el sistema en equilibrio con el fin de rebajar el nivel de exigencia en esta valoración. También se anotará literalmente el tipo de ejemplos que citan los estudiantes con el fin de analizar la calidad de sus respuestas. (Propuesta para el análisis de la calidad: explicitar, al menos, las sustancias que participan en el equilibrio, tanto reactivos como productos).

Pregunta A3: Se hicieron varios experimentos para determinar la constante de equilibrio, K , de la reacción del “gas de agua”: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ a una temperatura dada. Se encontró que el valor de K a esta temperatura vale 2. Explica qué significa este valor de la constante de equilibrio.

Propósito

Con este ítem tratamos de detectar qué significa para los alumnos el valor de la constante de equilibrio.

Criterios de valoración de las respuestas

Clasificamos las respuestas en las siguientes categorías que consideramos representan los distintos significados que los alumnos pueden dar a la constante de equilibrio:

- Identificación de K con la velocidad.
- Identificación de K con las concentraciones de los reactivos.
- Relación cualitativa de la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa (*).
- Indicación de que en el estado de equilibrio habrá más producto o menos producto en comparación con los reactivos
- Significado matemático.

Graduación del criterio de valoración.

(*) Se consideran como correctas las respuestas que se clasifiquen en la categoría **c**.

Pregunta A4: Las moléculas del pentacloruro de fósforo (PCl_5) se descomponen a 30°C en moléculas de tricloruro de fósforo (PCl_3) y de cloro (Cl_2). Se introduce cierta cantidad de PCl_5 en un erlenmeyer cerrado a aquella temperatura. Al cabo de bastante tiempo, se comprueba que aún queda masa de pentacloruro de fósforo por descomponer y que esta cantidad se mantiene. ¿Cómo se explica que la descomposición de PCl_5 no continúe siendo así que sigue estando a 30°C ?

Propósito

Se busca analizar la habilidad de los alumnos para relacionar el comportamiento macroscópico del sistema en equilibrio con la explicación microscópica del mismo.

Criterios de valoración de las respuesta

Se valora en qué medida los estudiantes en su explicación utilizan la siguiente secuencia de ideas:

- La existencia de un sistema cerrado donde hay sustancias (reactivos) que reaccionan pero que también puede ocurrir el proceso opuesto (los productos reaccionan para formar los reactivos) (procesos reversibles).
- Las sustancias reaccionan hasta alcanzar un estado final de equilibrio en el cual el sistema no cambia aunque quedan sustancias (ideas de reacción no total y constancia de la composición).
- Se igualan las velocidades de los dos procesos antagónicos.
- Explicación microscópica del carácter dinámico del equilibrio.

Graduación del criterio de valoración

Se considera correcta la respuesta d. y también se aceptará la respuesta c. considerando que el estudiante está asumiendo el carácter dinámico del equilibrio.

Pregunta A5: Se desea obtener 2 moles de $\text{PCl}_3(\text{g})$ descomponiendo $\text{PCl}_5(\text{g})$ a 270°C en un recipiente de 2 litros. Si a esta temperatura K_c para la reacción

$\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ vale 2, indicar cuántos moles de PCl_5 se deben poner inicialmente en el recipiente.

Propósito

Se trata de conocer si los estudiantes comprenden cómo la reacción alcanza el estado de equilibrio y cómo es su composición.

Criterios de valoración de las respuestas

La valoración se hace de acuerdo al siguiente razonamiento:

- a. reconocer que en el equilibrio se transforman 2 moles de PCl_5 y se obtienen 2 moles de PCl_3 y 2 moles de Cl_2 .
- b. interpretar que se alcanza un estado de equilibrio donde $K_c = 2 = \frac{[\text{PCl}_3]_e \cdot [\text{Cl}_2]_e}{[\text{PCl}_5]_e}$; luego deducir que $[\text{PCl}_5]_e = 0,5\text{M}$ y por lo tanto n de PCl_5 en el eq. = 1 mol.
- c. razonar cuál ha de ser la $[\text{PCl}_5]_o$ inicial, que será la concentración transformada más la que hay en el equilibrio: $[\text{PCl}_5]_o = 1,5 \text{ mol/L}$.
- d. finalmente multiplicar por el volumen para obtener el número de moles que se deben poner inicialmente en el recipiente: $n_o = 3$ moles de PCl_5 .

Graduación del criterio de valoración.

Los estudiantes deben realizar cada una de las acciones para seguir el proceso de la reacción hasta llegar al estado de equilibrio y concluir con la respuesta **d**.

CUESTIONARIO B

Pregunta B1: ¿Cómo podemos saber si en un sistema químico formado por varias sustancias (reaccionantes y productos) se ha alcanzado el equilibrio?

Propósito

Se busca detectar los argumentos que usan los alumnos para explicar cuando

un sistema químico alcanza el estado de equilibrio y clasificarlos en los niveles de descripción macroscópica, de interpretación microscópica o, mejor aún, de relación entre ambos niveles. (El mismo criterio que en la pregunta 1 del cuestionario A).

Criterios de valoración de las respuestas

Se categorizan las respuestas atendiendo al nivel de descripción macroscópica, de interpretación microscópica o de relación entre ambos niveles. También se tendrá en cuenta cualquier otra interpretación del fenómeno. Se considerarán respuestas correctas tanto las interpretaciones macroscópicas como microscópicas que cumplan las siguientes condiciones:

Argumentos cualitativos desde el punto de vista macroscópico:

Se hace mención de dos procesos contrarios donde tanto los reactivos reaccionan para formar los productos como los productos reaccionan para formar los reactivos (idea de procesos reversibles).

Las sustancias reaccionan hasta alcanzar un estado final de equilibrio en el cual el sistema no cambia aunque quedan sustancias (ideas de reacción no total y constancia de la composición), no hay avance macroscópico de ninguna de las dos reacciones.

Argumento cuantitativo de tipo matemático:

También se puede considerar como positivo el conocimiento operativo del cálculo de Q y su comparación con K. (Se ubica en una categoría distinta para hacer ver cómo se utiliza rápidamente la definición operativa de Q y K para saber si el sistema está o no en equilibrio (conocimiento explicativo matemático)).

Desde el punto de vista microscópico:

Con base en el modelo elemental de reacción (cambio químico como resultado de los choques de partículas) se acepta que sigue habiendo reacción

directa e inversa pero en las condiciones de equilibrio las velocidades de ambos procesos se igualan. Es decir se acepta el carácter dinámico del equilibrio (reversibilidad microscópica).

<p>Graduación del criterio de valoración.</p>	<p>Se considera que la respuesta es correcta cuando se indique que el sistema químico no cambia de composición o permanecen constantes las concentraciones, las presiones parciales, etc. del sistema.</p>
---	--

Pregunta B2: ¿Qué cuestiones o problemas crees que resuelve el tema de equilibrio químico?

Propósito

Se trata de detectar aspectos axiológicos relativos a los motivos de cualquier tipo que expliquen la necesidad de introducir el tema de equilibrio químico como hipótesis que soluciona los problemas percibidos.

Criterios de valoración de las respuestas

El estudiante al comenzar el estudio de un tema ha de tener una concepción preliminar de la tarea que le espera y eso significa que los problemas que va a estudiar tengan sentido para él. En este orden de ideas se valora si el estudiante considera el tema de equilibrio químico como una solución a la necesidad de explicar porqué suceden las reacciones químicas o por qué hay reacciones químicas que “no se completan”, es decir, reacciones que avanzan hasta un determinado momento y a partir del cual permanecen en coexistencia reactivos y productos sin que continúe el proceso.

<p>Graduación del criterio de valoración.</p>	<p>Las respuestas pueden estar expresadas en forma diversa, lo importante es que presenten el tema de equilibrio químico como una solución a la necesidad de explicar porqué suceden las reacciones</p>
---	---

	químicas o que expliquen por qué hay reacciones químicas que no se completan.
<p>Pregunta B3: La ley del equilibrio químico se aplica a cada reacción química y se concreta en la denominada “constante de equilibrio”. ¿De qué factores crees que depende esta constante de equilibrio?</p>	
<p>Propósito</p>	
<p>Con este ítem buscamos detectar si los estudiantes piensan que la constante de equilibrio es una variable dependiente de las concentraciones de las sustancias (o de otras variables) en la situación de equilibrio.</p>	
<p>Criterios de valoración de las respuestas</p>	
<p>Se valora si el alumno considera que la constante de equilibrio depende de la naturaleza de las sustancias que interaccionan (no solo de los reactivos sino también de los productos) y, en particular, de la forma en que se simbolice la interacción sustancial y de la temperatura a la cual se realiza el proceso.</p> <p>Muy posiblemente los estudiantes indiquen que depende de las concentraciones, masas, volúmenes o presiones de reactivos y productos. Aquí se puede presentar la fijación funcional de considerar a K como una función de las variables que aparecen en su fórmula matemática y no como lo que realmente es, una constante. De la misma manera se puede presentar el reduccionismo funcional que lleva a los estudiantes a considerar que K no depende de la temperatura, porque la temperatura no aparece en la fórmula de K.</p>	
<p>Graduación del criterio de valoración</p>	<p>Se aceptan como correctas las respuestas que expresen que la constante de equilibrio depende de la naturaleza de las sustancias que interaccionan, de la forma en que se simboliza</p>

esta interacción y de la temperatura a la cual se realiza el proceso.

Pregunta B4: Empleando un razonamiento diferente al principio de Le Chatelier, ¿cómo puedes explicar el sentido de evolución del equilibrio $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$, si agregamos $\text{PCl}_5(\text{g})$ a V y T constante?

Propósito

Con este ítem se trata de verificar si el alumno domina alguna estrategia diferente al Principio de Le Chatelier para explicar el efecto de un cambio de concentración sobre un sistema en equilibrio. Se ha elegido esta perturbación del equilibrio por ser la más sencilla de razonar desde el punto de vista cinético. . Básicamente se prestará atención a las explicaciones macroscópicas y microscópicas que den los estudiantes en sus respuestas.

Criterios de valoración de las respuestas

Para el análisis de esta pregunta clasificamos las respuestas en las categorías que correspondan al nivel microscópico (el modelo cinético), a la definición operativa de K (comparación con el cociente de reacción), al uso del Principio de Le Chatelier, a pesar de que en el enunciado se pide que no se utilice, y a las respuestas consideradas como incodificables.

Graduación del criterio de valoración.

Se consideran correctas las respuestas que expresen un razonamiento a nivel microscópico y las que expresen un razonamiento basado en la comparación del cociente de reacción con el valor de K.

3.4.1.2 Resultados de la aplicación de los cuestionarios a los estudiantes

Dificultad 1: Los estudiantes no tienen claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico.

Objetivo específico 1.

Demostrar que los estudiantes no tienen claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico.

Hipótesis derivada 1.

Los estudiantes no tienen claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico porque no tienen clara la intencionalidad del estudio del tema, como una respuesta a la necesidad de explicar por qué suceden las reacciones químicas.

Preguntas

Estudiantes B.2 ¿Qué cuestiones o problemas crees que resuelve el tema de equilibrio químico?

Codificación de resultados

TABLA 1. Porcentaje de cuestiones o problemas que los alumnos creen que resuelve el tema de equilibrio químico.

No	Cuestiones o Problemas	N=130 %
1.1	Realización de cálculos estequiométricos	34
1.2	Aumento de la eficiencia de las reacciones (y/o aplicaciones CTS)	25
1.3	Estudio de reacciones que no son completas (*).	14
1.4	Incodificables	27

*Respuesta correcta

Representación gráfica

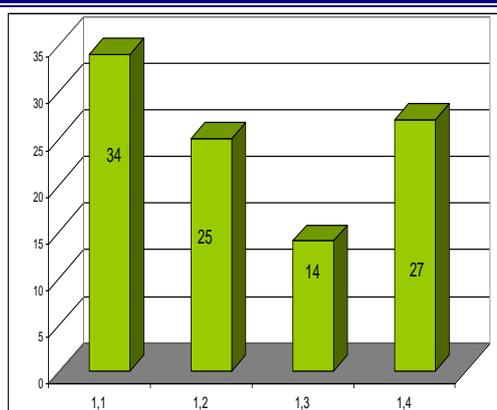


Figura 3.1: Porcentaje de cuestiones o problemas que los alumnos creen que resuelve el tema de equilibrio químico.

Análisis

Un número significativo de respuestas centra la importancia del equilibrio químico en la realización de cálculos estequiométricos, lo cual está de acuerdo con el aprendizaje de tipo operativista que se desarrolla habitualmente en el estudio de conceptos científicos.

En cuanto a la categoría del aumento de la eficiencia de las reacciones los alumnos hacen referencia al desplazamiento del sistema de equilibrio hacia el producto de interés pero más en un sentido operativo, de manejo de variables, que en un sentido químico.

Muy pocas respuestas hacen alusión a las reacciones que no son completas, siendo estas reacciones las que dieron origen al largo estudio que condujo al concepto del equilibrio químico. Además las respuestas destacan muy poco las características o condiciones del sistema en equilibrio.

El número no despreciable de respuestas incodificables indica el grado de incertidumbre que poseen los alumnos cuando no han logrado una clara comprensión del concepto.

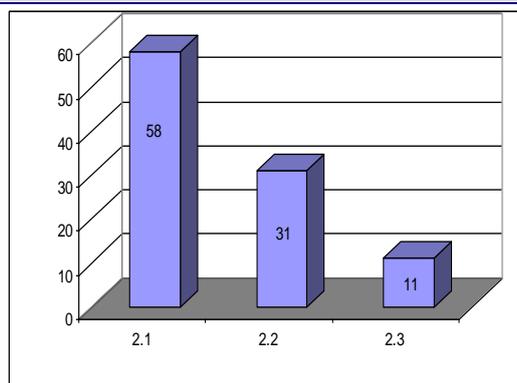
Estudiantes A. 2 Menciona, como mínimo, dos ejemplos de equilibrio químico que creas que tengan interés

Codificación de resultados

Representación gráfica

Tabla 2: Capacidad de los estudiantes para dar ejemplos de equilibrio químico

No	Categoría	N=130	
			%
2.1	Alumnos que no mencionan ningún ejemplo	58	
2.2	Alumnos que mencionan un ejemplo	31	
2.3	Alumnos que mencionan dos o más ejemplos	11	

**Figura 3.2:** Capacidad de los estudiantes para dar ejemplos de equilibrio químico.

Análisis

De los 130 estudiantes que respondieron el cuestionario, el 58% no mencionó ningún ejemplo, lo que hace suponer que en la clase no los habían escuchado o no los habían comprendido, como se comentará más adelante tampoco los libros de texto lo hacen suficientemente.

El 31% enuncia un ejemplo y el 11% cita dos ejemplos, lo que muestra que ni siquiera la mitad de los estudiantes ha comprendido las aplicaciones que puede tener el estudio de este tema y por lo tanto no pueden ver la realidad a través de él.

Dificultad 2: Los estudiantes no tienen criterios químicos claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio.

Objetivo específico 2.

Demostrar que los estudiantes no tienen criterios químicos claros para describir cuándo un sistema

Hipótesis Derivada 2.

Los estudiantes no tienen criterios químicos claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio porque desconocen la reversibilidad del proceso, la constancia de la composición del

químico está en equilibrio. sistema y/o la igualación de las velocidades de reacción directa e inversa.

Preguntas

Estudiantes A.1 Explica, tan extensamente como necesites, qué es un equilibrio químico para ti.

Codificación de resultados

Representación gráfica

TABLA 3. Razonamientos de los alumnos sobre lo que consideran qué es un equilibrio químico.

No.	Contenido de la categoría	N=130 %
3.1	Admiten la existencia de un proceso reversible	14
3.2	Admiten la composición constante del sistema	17
3.3	Admiten proceso reversible y composición constante (*)	4
3.4	Admiten proceso reversible, composición constante e igualación de velocidades (y/o carácter dinámico) (*)	25
3.5	Explican microscópicamente el carácter dinámico del equilibrio (*)	5
3.6	Identifican la situación de equilibrio con la constante de equilibrio o con los cálculos estequiométricos	2
3.7	Identifican la situación de equilibrio con la posibilidad de desplazamiento del sistema químico. (Principio de Le Chatelier).	2
3.8	Incodificables	31

(*) Respuestas que se consideran correctas

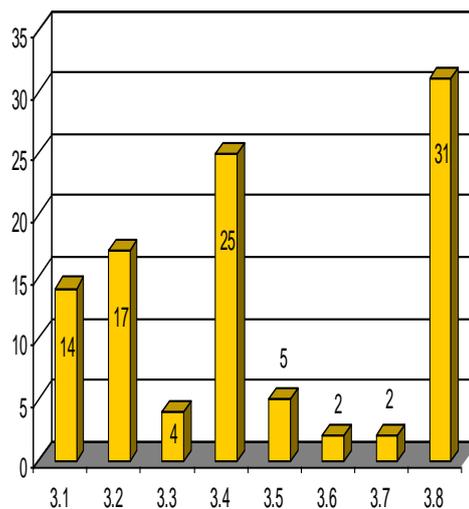


Figura 3.3: Razonamientos de los alumnos sobre cuándo en un sistema se alcanza el estado de equilibrio.

Análisis

Se encuentra que solo una cuarta parte de los estudiantes dan una respuesta

correcta desde el punto de vista macroscópico y un 5% consideran microscópicamente el carácter dinámico del equilibrio al explicitar la igualación de las velocidades directa e inversa con base en los choques de moléculas de reactivos y productos entre sí.

La categoría 3.6 aparece de la tendencia de los estudiantes a identificar el equilibrio con la constante de equilibrio, es decir con la ley de equilibrio (expresión matemática) que han utilizado operativamente los alumnos para resolver los problemas cuantitativos. Veamos como ejemplo la siguiente respuesta: *Pues un equilibrio químico es una forma de expresar en qué relación deben estar los reactivos y los productos para formar las cosas.* Se trata de un aprendizaje memorístico de la ley del equilibrio (se asocia la idea cualitativa de equilibrio con la definición operativa de la constante de equilibrio) ya que se hace una introducción operativa del concepto carente de significado químico.

La categoría 3.7 aparece a partir de que en los alumnos siempre está subyacente la idea de la posibilidad de desplazamiento del equilibrio. Por ejemplo, en la siguiente respuesta: *...y luego siempre debe haber la misma posibilidad de que un reactivo se convierta en producto y que un producto se convierta en reactivo y... hay tantas posibilidades de que pase una cosa como la otra.* Corresponde a un aprendizaje memorístico del principio de Le Chatelier para predecir el desplazamiento del equilibrio cuando se le perturba externamente (coherente con una visión empirista de la ciencia).

Estudiantes B.1 ¿Cómo podemos saber si en un sistema químico formado por varias sustancias (reaccionantes y productos) se ha alcanzado el equilibrio?

Codificación de resultados

Representación gráfica

TABLA 4. Razonamientos de los alumnos sobre cuándo en un sistema se alcanza el estado de equilibrio.

No.	Contenido de la categoría		N=130 %
4.1	Argumentos cualitativos desde el punto de vista macroscópico	Se mencionan dos procesos contrarios (ideas de procesos reversibles)	16
4.2	Argumentos cualitativos desde el punto de vista macroscópico	Sustancias reaccionan hasta un estado final de equilibrio (ideas de reacción no total y constancia de la composición) (*)	14
4.3	Argumento cuantitativo de tipo matemático, $Q = K$ (*)		20
4.4	Argumento cualitativo desde el punto de vista microscópico (*)		22
4.5	Incodificables		28

(*) Respuestas consideradas correctas

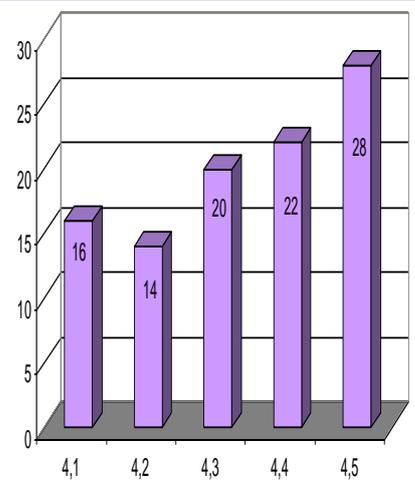


Figure 3.4: Razonamientos de los alumnos sobre cuándo en un sistema se alcanza el estado de equilibrio.

Análisis

Los resultados de este ítem (B1) son convergentes con los del ítem anterior (A1), los dos ítems corresponden a un mismo objetivo pero fueron aplicados a grupos diferentes de estudiantes.

En esta pregunta aceptamos como correctas las siguientes respuestas: 4.2 correspondientes a argumentos cualitativos desde el punto de vista macroscópico porque consideran que las sustancias reaccionan hasta un estado final de equilibrio, en el cual el sistema no cambia aunque quedan sustancias (ideas de reacción no total y constancia de la composición), 4.3 respuestas de tipo operativo que aunque no explicitan la constancia de las concentraciones de las sustancias a lo largo del tiempo, si tienen en cuenta que cuando se alcanza el estado de equilibrio el cociente de las concentraciones Q se hace igual a K_c y en la respuestas 4.4 aproximadamente la quinta parte de los estudiantes argumenta acertadamente desde el punto de vista microscópico.

Estudiantes A.5 Se desea obtener 2 moles de $PCl_3(g)$ descomponiendo $PCl_5(g)$ a $270^\circ C$ en un recipiente de 2 litros. Si a esta temperatura K_c para la reacción

$\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ vale 2, indicar cuántos moles de PCl_5 se deben poner inicialmente en el recipiente.

Codificación de resultados

Representación gráfica

TABLA 5. Razonamientos utilizados por los alumnos

No.	Contenido de la categoría	N=130 %
5.1	Solo reconocen que se transforman 2 moles de PCl_5 y se obtienen 2 moles de PCl_3 y 2 moles de Cl_2	16
5.2	Usan correctamente K_c para determinar la $[\text{PCl}_5]_{\text{eq.}} = 0,5\text{M}$	24
5.3	Deducen $[\text{PCl}_5]$ inicial igual a $[\text{PCl}_3]$ transformado + $[\text{PCl}_5]_{\text{eq.}}$ y/o determinan el número inicial de moles de PCl_5 (*)	27
5.4	Incodificables	33

(*) Respuesta correcta

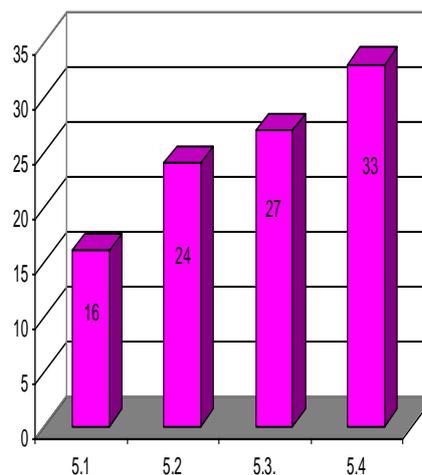


Figure 3.5: Razonamientos utilizados por los alumnos.

Análisis

En la valoración de las respuestas a este ítem se tuvo en cuenta el desarrollo paso a paso del ejercicio y sus correspondientes razonamientos. Así, en un primer paso si se desea obtener 2 moles de PCl_3 estequiométricamente se tiene que interpretar que se forman también 2 moles de Cl_2 , provenientes a su vez de 2 moles de PCl_5 .

En un segundo paso se utiliza la constante de equilibrio y las concentraciones de PCl_3 y Cl_2 en equilibrio para calcular la concentración de PCl_5 presente en el equilibrio (concepto de reacción no completa).

A continuación se calcula la concentración del PCl_5 inicial a partir del PCl_5

transformado (que dio origen a la formación de los 2 moles de PCl_3 y 2 moles de Cl_2) y el PCl_5 presente en el equilibrio y se determina el número de moles de PCl_5 que se debe poner inicialmente en el recipiente, multiplicando su concentración inicial por el volumen del recipiente o bien sumando los moles de PCl_5 transformados y los moles de PCl_5 que aún permanecen en el equilibrio o directamente aplicando el algoritmo que se acostumbra para este tipo de ejercicios.

En este orden de ideas, encontramos que el 16% de los alumnos solo logró afirmar que 2 moles de PCl_5 transformados producen 2 moles de PCl_3 y 2 moles de Cl_2 . Por ejemplo en la siguiente respuesta: *“Se sabe que por cada mol de PCl_5 se forma una mol de PCl_3 y una mol de Cl_2 . Si deseamos obtener 2 moles de PCl_3 necesitaremos entonces de 2 moles de PCl_5 ”*.

Estos alumnos en ninguna forma mostraron comprender que se trata de una reacción no completa (es decir que la extensión final del proceso no es 100%) y que se llega a un estado de equilibrio donde aún permanece alguna cantidad de PCl_5 sin reaccionar.

Siguiendo con el proceso de desarrollo del ejercicio encontramos que el 24% de los alumnos, sí reconocen que se trata de una situación de equilibrio y determinan correctamente la concentración de PCl_5 en el equilibrio pero creen que esta es la respuesta correcta y no tienen en cuenta que estos moles de PCl_5 en el equilibrio forman parte de los moles iniciales que se deben poner a reaccionar. Por ejemplo la siguiente respuesta: *“ $K_c = [\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]/[\text{PCl}_5]$; $2 = (1)(1)/[\text{PCl}_5]$; $[\text{PCl}_5] = 0,5M$; $n = (0,5)(2) = 1$ mol de PCl_5 ; Rta.: Inicialmente se debe poner 1 mol de PCl_5 ”*.

Finalmente, el 27% de alumnos obtuvo la respuesta correcta en su gran mayoría utilizando directamente el algoritmo de resolución de este tipo de ejercicios:

$\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ $(X-2)/2 \qquad 2/2 \qquad 2/2$ $K_c = [\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]/[\text{PCl}_5];$ $2 = (1)(1)/(X-2)/2;$ $2 = 2/(X-2);$ $2X-4 = 2;$ $X = 3 \text{ moles de PCl}_5.$	
<p>Dificultad 3: Los estudiantes desconocen el campo de validez de la constante de equilibrio.</p>	
<p>Objetivo específico 3.</p>	<p>Hipótesis Derivada 3.</p>
<p>Demostrar que los estudiantes desconocen el campo de validez de la constante de equilibrio.</p>	<p>Los estudiantes desconocen el campo de validez de la constante de equilibrio porque no tienen en cuenta que la constante depende de la forma en que se simbolice la interacción entre las sustancias y de la temperatura a la cual se realice el proceso.</p>
<p>Preguntas</p>	
<p>Estudiantes B.3 La ley del equilibrio químico se aplica a cada reacción Química y se concreta en la denominada “constante de equilibrio”. ¿De qué factores crees que depende esta constante de equilibrio?</p>	

Codificación de resultados		Representación gráfica																																	
<p>TABLA 6. Factores de los cuales los alumnos consideran que depende la constante de equilibrio.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Contenido de la categoría</th> <th>N=130 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6.1</td> <td>De la naturaleza de las sustancias (o de cada reacción) (*)</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>6.2</td> <td>De la temperatura (*)</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>De la naturaleza de las sustancias y de la temperatura (*)</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6.4</td> <td>De la cantidad de sustancia, de la estequiometría, de la concentración, de la temperatura, de la presión, etc.</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>6.5</td> <td>Inmodificables</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td colspan="2">(*) Respuestas correctas</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		No	Contenido de la categoría	N=130 %	6.1	De la naturaleza de las sustancias (o de cada reacción) (*)	11	6.2	De la temperatura (*)	15	6.3	De la naturaleza de las sustancias y de la temperatura (*)	0	6.4	De la cantidad de sustancia, de la estequiometría, de la concentración, de la temperatura, de la presión, etc.	60	6.5	Inmodificables	14	(*) Respuestas correctas			<table border="1"> <caption>Data for Figure 3.6</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Número de respuestas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6.1</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>6.2</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>6.3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6.4</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>6.5</td> <td>14</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Número de respuestas	6.1	11	6.2	15	6.3	0	6.4	60	6.5	14
No	Contenido de la categoría	N=130 %																																	
6.1	De la naturaleza de las sustancias (o de cada reacción) (*)	11																																	
6.2	De la temperatura (*)	15																																	
6.3	De la naturaleza de las sustancias y de la temperatura (*)	0																																	
6.4	De la cantidad de sustancia, de la estequiometría, de la concentración, de la temperatura, de la presión, etc.	60																																	
6.5	Inmodificables	14																																	
(*) Respuestas correctas																																			
Categoría	Número de respuestas																																		
6.1	11																																		
6.2	15																																		
6.3	0																																		
6.4	60																																		
6.5	14																																		
Análisis																																			
<p>Consideramos correctas las respuestas de las categorías 6.1 a 6.3, es un número bastante bajo de respuestas correctas y sobre todo que, o bien consideran que la constante de equilibrio depende de la naturaleza de las sustancias (o de la reacción) o bien de la temperatura, pero ningún alumno considera que la constante de equilibrio depende conjuntamente de estos dos aspectos.</p> <p>Hubo un elevado número de alumnos, 60%, cuyas respuestas mencionan que la constante de equilibrio depende de dos o más de las siguientes variables: cantidad de sustancia, estequiometría, concentración, temperatura, presión y volumen. Por ejemplo, en la siguiente respuesta: <i>“De la concentración de los</i></p>																																			

reactivos y productos fundamentalmente, de la presión, de la temperatura y del volumen en el cual se lleva a cabo la reacción". Parece que los estudiantes se dedicaron a mencionar las variables que se manejan en el tratamiento del tema de equilibrio químico.

Dificultad 4: Los estudiantes no interpretan que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso.

Objetivo específico 4.

Hipótesis Derivada 4.

Demostrar que los estudiantes no interpretan que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso.

Los estudiantes no interpretan que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso porque no comprenden que esta constante expresa la relación cualitativa de la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa.

Preguntas

Estudiantes A.3 Se hicieron varios experimentos para determinar la constante de equilibrio, K , de la reacción del "gas de agua": $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ a una temperatura dada. Se encontró que el valor de K a esta temperatura vale 2. Explica qué significa este valor de la constante de equilibrio.

Codificación de resultados			Representación gráfica																										
<p>TABLA 7. Significado que los alumnos dan al valor de la constante de equilibrio.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Contenido de la categoría</th> <th>N=130 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.1</td> <td>Identifican K con la velocidad de la reacción directa</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>7.2</td> <td>Relacionan cualitativamente K con la extensión de la reacción directa respecto a la extensión de la reacción inversa (*)</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7.3</td> <td>Comparación de “más” o “menos” productos respecto a los reactivos</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>7.4</td> <td>Situación de equilibrio o expresión de la fórmula con la que se calcula K</td> <td>74</td> </tr> </tbody> </table> <p>(*) Respuesta correcta</p>			No	Contenido de la categoría	N=130 %	7.1	Identifican K con la velocidad de la reacción directa	10	7.2	Relacionan cualitativamente K con la extensión de la reacción directa respecto a la extensión de la reacción inversa (*)	0	7.3	Comparación de “más” o “menos” productos respecto a los reactivos	16	7.4	Situación de equilibrio o expresión de la fórmula con la que se calcula K	74	<table border="1"> <caption>Data for Figura 3.7</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7,1</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>7,2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7,3</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>7,4</td> <td>74</td> </tr> </tbody> </table> <p>Figura 3.7: Significado que los alumnos dan al valor de la constante de equilibrio.</p>		Categoría	Porcentaje	7,1	10	7,2	0	7,3	16	7,4	74
No	Contenido de la categoría	N=130 %																											
7.1	Identifican K con la velocidad de la reacción directa	10																											
7.2	Relacionan cualitativamente K con la extensión de la reacción directa respecto a la extensión de la reacción inversa (*)	0																											
7.3	Comparación de “más” o “menos” productos respecto a los reactivos	16																											
7.4	Situación de equilibrio o expresión de la fórmula con la que se calcula K	74																											
Categoría	Porcentaje																												
7,1	10																												
7,2	0																												
7,3	16																												
7,4	74																												
Análisis																													
<p>Como resultado de la aplicación del presente ítem encontramos que muy pocos alumnos identifican la constante de equilibrio con la velocidad de reacción. Este error conceptual se debe posiblemente a que estos alumnos hacen alguna asociación con la cinética de reacción, en el proceso de deducción de la constante.</p> <p>En cuanto a la categoría 7.2 correspondiente a la respuesta correcta, encontramos que ningún alumno la respondió acertadamente. Este resultado hace ver que muy posiblemente que no han considerado la existencia de los dos procesos contrarios y que la extensión de un proceso respecto a la extensión del proceso inverso está relacionada cuantitativamente por medio de la constante de equilibrio.</p> <p>En las categorías 7.3 y 7.4 encontramos un alto porcentaje, en total 90%, de respuestas que indican la visión operativista que tienen los alumnos de la constante de equilibrio, por ejemplo la siguiente respuesta: <i>“La constante de equilibrio relaciona la cantidad o concentración de productos con respecto a la</i></p>																													

cantidad o concentración de reactivos". O los alumnos dan como significado la expresión de la fórmula de la constante de equilibrio: *"Es el cociente de las concentraciones de los productos sobre las concentraciones de los reactivos, todas elevadas a una potencia igual a sus respectivos coeficientes"*.

Lo anterior indica que los alumnos han aprendido la definición operativa de K y su aplicación en problemas cuantitativos pero no han aprendido su importante significado cualitativo respecto al grado de avance de la reacción directa frente a la reacción inversa a una temperatura determinada.

Dificultad 5: Los estudiantes presentan la fijación y la reducción funcionales como formas de razonamiento de sentido común al proponerles cuestiones cualitativas sobre perturbación del equilibrio.

Objetivo específico 5.	Hipótesis Derivada 5.
<p>Demostrar que los estudiantes presentan la fijación y la reducción funcionales como formas de razonamiento de sentido común al proponerles cuestiones cualitativas sobre perturbación del equilibrio.</p>	<p>Los estudiantes presentan la fijación y la reducción funcionales como formas de razonamiento de sentido común al proponerles cuestiones cualitativas sobre perturbación del equilibrio, debido a que no han desarrollado la habilidad para utilizar otras estrategias de argumentación con mayor significado químico.</p>
<p>Preguntas</p>	
<p>Estudiantes B.4 Empleando un razonamiento diferente al principio de Le Chatelier, ¿cómo puedes explicar el sentido de evolución del equilibrio $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$, si agregamos $\text{PCl}_5(\text{g})$ a V y T constante?</p>	
<p>Codificación de resultados</p>	<p>Representación gráfica</p>

TABLA 8. Razonamientos utilizados por los alumnos para explicar la evolución de un sistema en equilibrio cuando se realiza un cambio de concentración

No.	Contenido de la categoría	N=130	
			%
8.1	Razonamiento a nivel microscópico (cinético) (*)	5	
8.2	Definición operativa de K (Q vs. K) (*)	15	
8.3	Siguen utilizando Le Chatelier a pesar del enunciado	48	
8.4	Incodificables	32	
(*) Respuestas correctas			

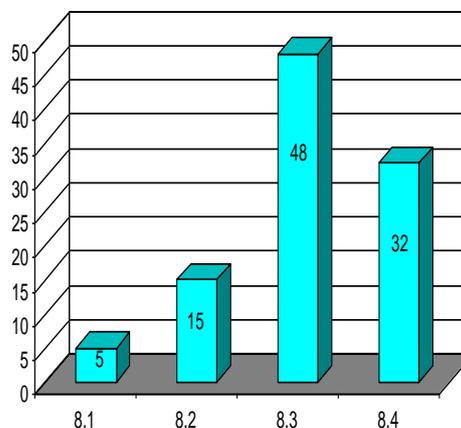


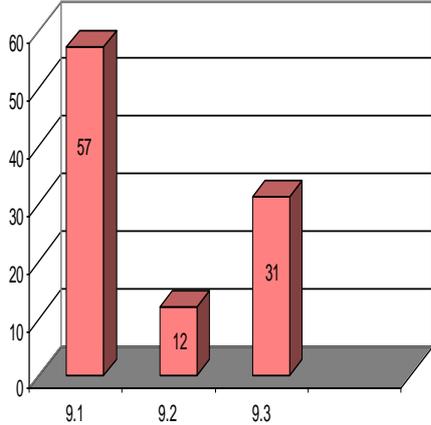
Figure 3.8: Razonamientos utilizados por los alumnos para explicar la evolución de un sistema en equilibrio cuando se realiza un cambio de concentración.

Análisis

En este ítem encontramos un bajo número de respuestas correctas, el 5% que utilizó un razonamiento a nivel microscópico y el 15% que utilizó la comparación del cociente de reacción Q con el valor de la constante de equilibrio Kc, para explicar el sentido de evolución del sistema en equilibrio cuando se perturba externamente.

En cambio encontramos un alto porcentaje de alumnos, 48%, que utiliza en su explicación el principio de Le Chatelier a pesar de haberse solicitado en el enunciado no utilizarlo. Este porcentaje que sumado con el de las respuestas incodificables da 80%, nos indica que los alumnos probablemente en un alto grado desconocen, o no han desarrollado la habilidad para aplicar, una estrategia de argumentación diferente al principio de Le Chatelier.

Dificultad 6: Los estudiantes no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica .

Objetivo Específico 6.	Hipótesis Derivada 6.												
Demostrar que los estudiantes no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica.	Los estudiantes no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica porque no tienen en cuenta la naturaleza corpuscular y cinética de la materia.												
Preguntas													
<p>Estudiantes A.4 Las moléculas del pentacloruro de fósforo (PCl_5) se descomponen a 30°C en moléculas de tricloruro de fósforo (PCl_3) y de cloro (Cl_2). Se introduce cierta cantidad de PCl_5 en un erlenmeyer cerrado a aquella temperatura. Al cabo de bastante tiempo, se comprueba que aún queda masa de pentacloruro de fósforo por descomponer y que esta cantidad se mantiene. ¿Cómo se explica que la descomposición de PCl_5 no continúe siendo así que sigue estando a 30°C?</p>													
Codificación de resultados	Representación gráfica												
<p>TABLA 9. Razonamientos de los alumnos sobre una situación de equilibrio químico.</p> <table border="1" data-bbox="225 1509 727 1883"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Contenido de la categoría</th> <th>N=130 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9.1</td> <td>Ideas de reacción no total y constancia de la composición (*)</td> <td>57</td> </tr> <tr> <td>9.2</td> <td>Igualación de las velocidades de los dos procesos antagónicos. Carácter dinámico del equilibrio. Explicación microscópica. (*)</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>9.3</td> <td>Incodificables</td> <td>31</td> </tr> </tbody> </table> <p>(*) Respuestas correctas</p>	No.	Contenido de la categoría	N=130 %	9.1	Ideas de reacción no total y constancia de la composición (*)	57	9.2	Igualación de las velocidades de los dos procesos antagónicos. Carácter dinámico del equilibrio. Explicación microscópica. (*)	12	9.3	Incodificables	31	 <p>Figure 3.9: Razonamientos de los alumnos sobre una situación de equilibrio químico.</p>
No.	Contenido de la categoría	N=130 %											
9.1	Ideas de reacción no total y constancia de la composición (*)	57											
9.2	Igualación de las velocidades de los dos procesos antagónicos. Carácter dinámico del equilibrio. Explicación microscópica. (*)	12											
9.3	Incodificables	31											

Análisis

Un número significativo de alumnos, 57%, tiene en cuenta el comportamiento macroscópico del sistema en equilibrio al considerar que la reacción se detiene (es decir tiene la idea de que la reacción es incompleta y que la composición de la mezcla de sustancias se mantiene constante) aunque no hace mención de que se trata de un proceso reversible.

En cambio es bajo el número de alumnos, 12%, que considera la interpretación microscópica del estado de equilibrio al considerar la igualación de las velocidades de los dos procesos antagónicos.

Encontramos un alto número de respuestas incodificables, 31%, que no menciona ninguno de los criterios de valoración fijados para esta pregunta, lo cual demuestra que estos estudiantes no lograron un mínimo de conocimiento que les permita relacionar la reacción Química con su aproximación a un estado de equilibrio.

3.4.2 Carencias en la enseñanza y en el diseño de textos

3.4.2.1 Propósitos y criterios de valoración del cuestionario aplicado a los profesores

El cuestionario aplicado a los profesores fue diseñado con el propósito de establecer la relación existente entre las dificultades de aprendizaje de los estudiantes y las carencias en la enseñanza del tema de equilibrio químico, principalmente porque los profesores no tienen en cuenta los resultados de la investigación en didáctica de las Ciencias.

Pregunta 1: Al introducir en clase el tema de equilibrio químico generalmente los profesores exponemos a los alumnos los motivos de su estudio (para qué se estudia). ¿Cuáles motivos consideras que justifican el estudio del equilibrio químico?

Propósito

Verificar si los profesores en su práctica docente se preocupan por explicar los motivos que justifican el estudio del equilibrio químico.

Criterios de valoración de las respuestas

- 1.1. El profesor presenta el equilibrio químico:
 - 1.1.1. citando que hay reacciones que no se completan?
SI ___ NO ___ INCOD ___
 - 1.1.2. como una solución al problema de explicar porqué unas reacciones se producen y otras no? SI ___ NO ___ INCOD ___
- 1.2. Presenta situaciones iniciales que generen interés sobre equilibrios físicos y/o químicos, como por ejemplo:
 - 1.2.1. planteamiento de situaciones problemáticas?
SI ___ NO ___ INCOD ___
 - 1.2.2. comentarios de algunas aplicaciones?
SI ___ NO ___ INCOD ___

Pregunta 2: Supongamos que se trata de diseñar una unidad didáctica dedicada al

estudio del equilibrio químico. Indica la secuencia de contenidos (a manera de hilo conductor) que sería, en tu opinión, la mejor para explicar el tema.

Propósito

Detectar los argumentos que utilizan los profesores para describir el estado de equilibrio de un sistema químico.

Criterios de valoración de las respuestas

2.1. Secuencia de contenidos de tipo:

2.1.1 empírico-inductivo ____

2.1.2. teórico-cinético ____

2.1.3. teórico-termodinámico ____

} No son
excluyentes

2.1.4. Incodificable ____

2.2. Presentación del equilibrio químico a nivel macroscópico

2.2.1. Se plantea la reversibilidad macroscópica de procesos químicos antagónicos
SI ____ NO ____ INCOD ____

2.2.2. Se presenta la composición invariable con el tiempo de la mezcla en equilibrio?
SI ____ NO ____ INCOD ____

2.3. Se plantea el significado e interpretación de la constante de equilibrio?

SI ____ NO ____ INCOD ____

2.4. Se plantea la modificación de la situación de equilibrio?

SI ____ NO ____ INCOD ____

Pregunta 3: Los profesores antes de empezar a introducir el tema de equilibrio químico, planificamos qué aprendizajes queremos que logren los alumnos. Expresa todo aquello que consideres que sería importante que supieran los alumnos al acabar el estudio del tema.

Propósito

Saber si para los profesores es importante que los alumnos expliquen el objeto de estudio del tema de equilibrio químico, su descripción a nivel macroscópico y su interpretación a nivel microscópico.

Criterios de valoración de las respuestas

3.1 Saber qué problema resuelve el concepto de equilibrio químico

SI ___ NO ___ INCOD ___

3.2. Saber explicar macroscópicamente cuándo un sistema químico se encuentra en equilibrio

SI ___ NO ___ INCOD ___

3.3. Saber explicar microscópicamente cuándo un sistema químico se encuentra en equilibrio

SI ___ NO ___ INCOD ___

3.4. Saber que la constante de equilibrio expresa la extensión del proceso reversible en estado de equilibrio

SI ___ NO ___ INCOD ___

3.5. Predecir cualitativamente el efecto de las posibles perturbaciones sobre el estado de equilibrio

SI ___ NO ___ INCOD ___

Graduación del criterio de valoración

En primer lugar el objeto de su estudio, luego las características macroscópicas, el significado del valor de K y la interpretación a nivel corpuscular de la situación de equilibrio y el efecto sobre esta situación de equilibrio cuando ocurre alguna perturbación.

Pregunta 4: Muchos profesores que han enseñado el equilibrio químico consideran este tema bastante complejo. ¿Cuáles crees que son las principales dificultades de aprendizaje que tienen los alumnos en este tema?

Propósito

Conocer las dificultades percibidas por los profesores y constatar si coinciden con las detectadas en esta investigación.

Criterios de valoración de las respuestas

4.1. No tener claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico SI ___ NO ___ INCOD ___

4.2. No tener criterios claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio (constancia de las propiedades y reversibilidad de la situación) SI ___ NO ___ INCOD ___

4.3. Desconocer el campo de validez de la constante de equilibrio SI ___ NO ___ INCOD ___

4.4. No interpretar que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso SI ___ NO ___ INCOD ___

4.5. Usar el principio de Le Chatelier como única estrategia para explicar el efecto de las perturbaciones sobre un sistema en equilibrio SI ___ NO ___ INCOD ___

4.6. No establecer relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y su carácter dinámico (reversibilidad microscópica) SI ___ NO ___ INCOD ___

Pregunta 5: Al preguntar a unos estudiantes: ¿De qué factores depende la constante de equilibrio, K ? Algunos de ellos respondieron: “Depende de la temperatura y de las concentraciones de las sustancias en equilibrio”. ¿Qué comentarios le harías a la

respuesta de estos alumnos?

Propósito

Averiguar si los errores conceptuales que presentan algunos estudiantes tienen como causa las concepciones docentes.

Criterios de valoración de las respuestas

5.1. La constante de equilibrio depende de la temperatura

SI ___ NO ___ INCOD ___

5.2. La constante de equilibrio depende de las concentraciones de las sustancias en equilibrio SI ___ NO ___ INCOD ___

Pregunta 6: Qué razonamientos se pueden emplear en clase para explicar la perturbación que sucedería en un sistema en equilibrio cuando se le añade un poco de un reactivo a volumen y temperatura constantes?

Propósito

Verificar si los profesores explican el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio con una interpretación a nivel microscópico.

Criterios de valoración de las respuestas

6.1. Se aplica de forma algorítmica el principio de Le Chatelier
SI ___ NO ___ INCOD ___

6.2. Se deduce la evolución del sistema a partir de un planteamiento matemático
SI ___ NO ___ INCOD ___

6.3. Se deduce la evolución del sistema a partir del modelo de reacción
SI ___ NO ___ INCOD ___

3.4.2.2 Propósitos y criterios de valoración de los apartados de la rejilla usada para analizar los libros de texto.

Se extiende el análisis a los libros de texto por considerar que son un recurso muy importante en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Con el fin de tener una visión más integral de la forma en que se desarrolla este tema, se han analizado textos de segundo bachillerato, de COU y de nivel universitario en España y de décimo de bachillerato y nivel universitario en Colombia.

Item 1: Introducción y propósitos del estudio del tema de equilibrio químico

Propósito

Verificar si en los textos se presentan explicaciones claras sobre las razones por las cuales se estudia el concepto de equilibrio químico.

Criterios de valoración de las respuestas

1.1. Se presenta el concepto de equilibrio químico como una solución al problema: ¿Porqué no reaccionan las sustancias si antes reaccionaban y ahora no?
SI___NO___INCOD.____

1.2. Se presentan situaciones iniciales que generen interés sobre equilibrios físicos y/o químicos, como p. ej.:

Planteamiento de situaciones problemáticas?

SI___NO___INCOD.____

1.2.2.Comentarios de algunas aplicaciones? SI___NO___INCOD.____

Item 2: Interpretación del concepto de equilibrio químico

Propósitos

- Analizar los razonamientos que se emplean en los textos para introducir el tema de equilibrio químico.
- Analizar si en los textos se tratan las principales características desde los puntos de

vista macroscópico y microscópico del concepto de equilibrio químico.

Criterios de valoración de las respuestas

2.1. Se introduce el tema de equilibrio químico a través de un razonamiento:

2.1.1 Empírico-inductivo SI ____ NO ____ INCOD. ____

2.1.2 Hipotético-deductivo basado en consideraciones cinéticas
SI ____ NO ____ INCOD. ____

2.1.3. Hipotético-deductivo basado en consideraciones termodinámicas
SI ____ NO ____ INCOD. ____

Otro razonamiento

SI ____ NO ____ INCOD. ____

2.2. Se presenta la situación de equilibrio como una mezcla de sustancias en la cual constantemente se está produciendo reacción?

SI ____ NO ____ INCOD. ____

2.3. Se trata o se menciona el modelo de reacción?

SI ____ NO ____ INCOD. ____

2.4. Se menciona que la situación de equilibrio, a diferencia de las reacciones anteriormente estudiadas, se alcanza sin que se consuma totalmente ninguno de los reactivos?

SI ____ NO ____ INCOD. ____

2.5. Se plantea la reversibilidad macroscópica de procesos químicos antagónicos (como por ejemplo precipitación-disolución, descomposición de una sustancia y síntesis de la misma, oxidación de un metal y reducción del producto, etc.) que dan como resultado sistemas donde coexisten reactivos y productos sin agotarse (procesos no totales) ?

SI ____ NO ____ INCOD. ____

2.6. Se expresa que se puede llegar al mismo estado de equilibrio, partiendo de los reactivos o partiendo de los productos ? SI ____ NO ____ INCOD. ____

2.7. Se hace la deducción operativa de la constante de equilibrio a partir de V_d y V_i ?

SI ____ NO ____ INCOD. ____

Item 3: Campo de validez de la constante de equilibrio

Propósito

Analizar si los textos explican de qué factores depende la constante de equilibrio.

Criterios de valoración de las respuestas

3.1. Se expresa el campo de validez de la constante de equilibrio:

3.1.1. Dependencia de la temperatura

SI ____ NO ____ INCOD. ____

3.1.2. Dependencia de la naturaleza de las sustancias implicadas

SI ____ NO ____ INCOD. ____

3.1.3. Dependencia de la forma como se simboliza el proceso

SI ____ NO ____ INCOD. ____

3.1.4. No dependencia de las concentraciones de las sustancias implicadas

SI ____ NO ____ INCOD. ____

Item 4: Significado e interpretación de la constante de equilibrio

Propósito

Comprobar si en los textos se expresa el significado de la constante de equilibrio como la relación de la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa.

Criterios de valoración de las respuestas

4.1. Se expresa de manera significativa la constante de equilibrio como extensión del proceso, antes de definirla operativamente? SI ____ NO ____ INCOD. ____

4.2. Se expresa de manera significativa la constante de equilibrio como extensión del proceso, después de definirla operativamente? SI ____ NO ____ INCOD. ____

4.3. Se establece el significado del cociente de reacción Q_c (o Q_p) frente a K_c (o K_p) para decidir el sentido de la evolución del sistema químico?

SI ____ NO ____ INCOD. ____

Item 5: Modificación de la situación de equilibrio**Propósito**

Analizar qué estrategias se presentan en los textos para explicar la dirección de evolución de un sistema en equilibrio.

Criterios de valoración de las respuestas

5.1. Se aplica el principio de Le Chatelier?

SI____NO____INCOD.____

5.2. Cuando se altera un sistema en equilibrio, se reemplazan los valores de concentración, presión o volumen en la expresión de la constante de equilibrio para deducir el sentido de la evolución del sistema? SI____NO____INCOD.____

Se deduce la evolución del sistema a partir del modelo de reacción?
SI____NO____INCOD.____

Item 6: Aproximación cualitativa al carácter dinámico del equilibrio.**Propósito**

Analizar desde qué punto de vista explican los textos el carácter dinámico del equilibrio.

Criterios de valoración de las respuestas

6.1. Se hace una aproximación cualitativa al carácter dinámico del equilibrio químico con base en:

6.1.1. Los continuos choques entre las partículas de las sustancias presentes

SI____NO____INCOD.____

6.1.2. Las velocidades de la reacción directa e inversa.

SI____NO____INCOD.____

Item 7: Algunas dificultades de aprendizaje detectadas por la investigación didáctica**Propósito**

Comprobar si los textos tienen en cuenta algunas de las dificultades de aprendizaje del tema de equilibrio químico consideradas con mayor frecuencia en la literatura especializada.

Criterios de valoración de las respuestas

7.1. Se menciona en algún momento al menos una de las posibles dificultades de aprendizaje detectadas por la investigación didáctica sobre el comportamiento macroscópico del equilibrio, como p. ej.:

7.1.1 En los equilibrios heterogéneos, no diferenciar entre los cambios de masa o de cantidad de sustancia y los cambios de las correspondientes concentraciones

SI____NO____INCOD.____

7.1.2 Creer que la composición constante en el equilibrio es idéntica a la simbolizada en la estequiometría del proceso SI____NO____INCOD.____

7.1.3. Suponer que en el equilibrio la concentración de reactivos y productos varía constantemente

SI____NO____INCOD.____

7.1.4. Creer que un reactivo puede consumirse totalmente por la adición de otro reactivo

SI____NO____INCOD.____

7.1.5. Deducir del simbolismo de la reacción en el estado de equilibrio que existe una compartimentación de reactivos y productos SI____NO____INCOD.____

7.1.6. Otra(s) dificultad(es) SI____NO____INCOD.____
¿Cuáles?_____

Item 8: Otros aspectos generales

Propósito

Verificar la presencia de otros aspectos considerados por la didáctica de las Ciencias para buscar un mejor aprendizaje del concepto de equilibrio químico.

Criterios de valoración de las respuestas

8.1. Cuando se plantean actividades o problemas se hace énfasis en:

8.1.1 Precisar la situación problemática

SI _____ NO _____ INCOD. _____

8.1.2 Emitir hipótesis sobre los resultados esperados SI _____ NO _____ INCOD. _____

8.1.3 Elaborar algún diseño alternativo de resolución SI _____ NO _____ INCOD. _____

8.1.4 Analizar los resultados SI _____ NO _____ INCOD. _____

8.2. Se introduce alguna actividad práctica susceptible de realizar en el laboratorio, como p. ej.:

8.2.1. Plantear un problema SI _____ NO _____ INCOD. _____

8.2.2. Emitir una hipótesis SI _____ NO _____ INCOD. _____

8.2.3. Hacer un diseño experimental SI _____ NO _____ INCOD. _____

8.2.4 Analizar resultados SI _____ NO _____ INCOD. _____

8.2.5. Realizar una práctica habitual SI _____ NO _____ INCOD. _____

8.3. Se comentan implicaciones CTSA ¿ SI _____ NO _____ INCOD. _____

8.3.1. Cuántas? _____

8.3.3. Cuáles? _____

3.4.3 Resultados obtenidos en el cuestionario aplicado a los profesores y en la rejilla usada para analizar los libros de texto.

Dificultad 1: Los estudiantes no tienen claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico.

Profesores 1. Al introducir en clase el tema de equilibrio químico generalmente los profesores exponemos a los alumnos los motivos de su estudio (para qué se estudia). ¿Cuáles motivos consideras que justifican el estudio del equilibrio químico?

1.1. El profesor presenta el equilibrio químico:

1.1.1. Citando que hay reacciones que no se completan?

SI 47% NO 53% INCOD____

1.1.2. Como una solución al problema de explicar por qué unas reacciones se producen y otras no?

SI 12% NO 82% INCOD 6%

1.2. Presenta situaciones iniciales que generen interés sobre equilibrios físicos y/o químicos, como por ejemplo:

1.2.1. Planteamiento de situaciones problemáticas?

SI 12% NO 88% INCOD____

1.2.2. Comentarios de algunas aplicaciones?

SI 53% NO 47% INCOD____

Comentarios

- No se menciona un motivo predominante que justifique el estudio del equilibrio químico.
- Aproximadamente en un 50% se menciona la existencia de reacciones que no se completan y se comentan algunas aplicaciones.
- Sólo un bajo porcentaje, (12%), se refiere al problema de explicar por qué unas reacciones se producen y otras no.

Libros de texto 1. Introducción y propósitos del estudio del tema de equilibrio químico.

1.1. Se presenta el concepto de equilibrio químico como una solución al problema: ¿Porqué no reaccionan las sustancias si antes reaccionaban y ahora no?

SI 1% NO_____

1.2. Se presentan situaciones iniciales que generen interés sobre equilibrios físicos y/o químicos, como p. ej.:

1.2.1 Planteamiento de situaciones problemáticas?

SI 33% NO_____

1.2.2 Comentarios de algunas aplicaciones?

SI 40% NO_____

Comentarios

Aquí se repite la situación detectada con los profesores, ya que, si solamente unos pocos profesores hicieron alusión al problema estructurante que resuelve el concepto de equilibrio químico, es lógico que los libros tampoco lo mencionen pues algunos autores son profesores de los niveles en los cuales se estudia el tema y en otros casos los profesores no lo tienen en cuenta porque los libros que son su fuente de información, no lo mencionan.

Muy pocos libros presentan situaciones que generen interés sobre equilibrios físicos y/o químicos, situación esta que puede afectar la motivación de los usuarios por el tema y al mismo aprendizaje, si tenemos en cuenta que la visión de situaciones reales conduce a una mejor comprensión del tema y al mismo desarrollo de la capacidad para dar ejemplos.

Vale la pena hacer notar que las relaciones CTSA aparecen mejor presentadas en los libros de texto y principalmente en los de segundo de bachillerato. En los libros se aprovechan las imágenes y las palabras para describir situaciones en las cuales se puede ver claramente el fenómeno explicado por la ciencia, las aplicaciones que ésta tiene en la tecnología y los beneficios que repercuten en mejor calidad de vida para la sociedad, aunque también en algunos casos se habla de las repercusiones negativas en el medio ambiente.

Sin embargo, el 41% es un porcentaje considerable de autores que no tuvo en cuenta estas relaciones CTSA, sería deseable que los autores de textos en su totalidad reconocieran la importancia de explicar estas relaciones para contribuir al desarrollo de las competencias que formarán a los estudiantes como personas y ciudadanos responsables y comprometidos con la conservación del medio ambiente.

- Dificultad 2: Los estudiantes no tienen criterios químicos claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio.

Profesores 2. Supongamos que se trata de diseñar una unidad didáctica dedicada al estudio del equilibrio químico. Indica la secuencia de contenidos (a manera de hilo conductor) que sería, en tu opinión, la mejor para explicar el tema.

Secuencia de contenidos de tipo:

2.1.1 empírico-inductivo 53%	}	No son excluyentes
2.1.2. teórico-cinético 18%		
2.1.3. teórico-termodinámico 12%		
2.1.4. Incodificable 23%		

2.2. Presentación del equilibrio químico a nivel macroscópico

2.2.1 Se plantea la reversibilidad macroscópica de procesos químicos antagónicos?

SI 23,5% NO 53% INCOD 23,5%

2.2.2 Se presenta la composición invariable con el tiempo de la mezcla en equilibrio?

SI___ NO 76% INCOD 24%

2.3 Se plantea el significado e interpretación de la constante de equilibrio?

SI 18% NO 53% INCOD 29%

2.4 Se plantea la modificación de la situación de equilibrio?

SI 88% NO___ INCOD 12%

Comentarios

Predomina una secuencia de contenidos de tipo empírico-inductivo (53%). Muy

poco se menciona la reversibilidad del proceso químico, la composición invariable de la mezcla en equilibrio y el significado de la constante de equilibrio. En cambio en un alto grado, (88%), se plantea la modificación de la situación de equilibrio.

Libro de texto 2. Interpretación del concepto de equilibrio químico

- 2.1. Se introduce el tema de equilibrio químico a través de un razonamiento:
- 2.1.1 empírico-inductivo SI 52% NO _____
 - 2.1.2 hipotético-deductivo basado en consideraciones cinéticas SI 68% NO _____
 - 2.1.3 hipotético-deductivo basado en consideraciones termodinámicas
SI 8% NO _____
 - 2.1.4. otro razonamiento SI 0% NO _____
- 2.2. Se presenta la situación de equilibrio como una mezcla de sustancias en la cual constantemente se está produciendo reacción?
SI 88% NO _____
- 2.3. Se trata o se menciona el modelo de reacción? SI 19% NO _____
- 2.4. Se menciona que la situación de equilibrio, a diferencia de las reacciones anteriormente estudiadas, se alcanza sin que se consuma totalmente ninguno de los reactivos? SI 70% NO _____
- 2.5. Se plantea la reversibilidad macroscópica de procesos químicos antagónicos (como por ejemplo precipitación-disolución, descomposición de una sustancia y síntesis de la misma, oxidación de un metal y reducción del producto, etc.) que dan como resultado sistemas donde coexisten reactivos y productos sin agotarse (procesos no totales) ?
SI 72% NO _____
- 2.6. Se expresa que se puede llegar al mismo estado de equilibrio, partiendo de los reactivos o partiendo de los productos?
SI 59% NO _____
- 2.7. Se hace la deducción operativa de la constante de equilibrio a partir de V_d y V_i ?
SI 59% NO _____

Comentario

La mayoría de los textos introducen el tema de equilibrio químico a través de un razonamiento empírico-inductivo e hipotético-deductivo basado en consideraciones cinéticas y muy pocos lo hacen a través de un razonamiento hipotético-deductivo basado en consideraciones termodinámicas, debido a que son

libros escritos para educación secundaria y primeros niveles de universidad donde no se tienen aún los suficientes conocimientos básicos de termodinámica.

La mayoría de los textos presentan la situación de equilibrio químico como una mezcla de sustancias en la cual constantemente se está produciendo reacción, seguramente porque el carácter dinámico del equilibrio químico es una de las características más sobresalientes.

A pesar de la afirmación anterior, encontramos que la explicación con base en el modelo de reacción muy poco se tiene en cuenta, debido a que la enseñanza no hace énfasis en la explicación microscópica del concepto. Poniendo en evidencia que "Los estudiantes no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica".

La mayoría de los libros hacen una adecuada presentación del equilibrio químico a nivel macroscópico al mencionar que ninguna sustancia se consume completamente, al dar ejemplos de procesos químicos reversibles en los cuales se puede llegar al mismo estado de equilibrio partiendo de los reactivos o partiendo de los productos.

- **Dificultad 3:** Los estudiantes desconocen el campo de validez de la constante de equilibrio.

Profesores 5. Al preguntar a unos estudiantes: ¿De qué factores depende la constante de equilibrio, K_c ? Algunos de ellos respondieron: "Depende de la temperatura y de las concentraciones de las sustancias en equilibrio". ¿Qué comentarios le harías a la respuesta de estos alumnos?

5.1 La constante de equilibrio depende de la temperatura
SI 100% NO ____ INCOD ____

5.2 La constante de equilibrio depende de las concentraciones de las sustancias en equilibrio SI 24% NO 76% INCOD ____

Comentarios

Se puede afirmar que los profesores tienen claro el campo de validez de la constante de equilibrio. Solo el 24% cree que la constante de equilibrio depende de las concentraciones de las sustancias en equilibrio, aunque este porcentaje sea bajo, podemos ver que entre ellos también se puede presentar la *fijación funcional*, que los lleva a tomar a K como una función de la concentración y no como lo que realmente es, una constante.

Libros de texto 3. Campo de validez de la constante de equilibrio

3.1. Se expresa el campo de validez de la constante de equilibrio:

3.1.1. dependencia de la temperatura SI 87% NO _____

3.1.2. dependencia de la naturaleza de las sustancias implicadas
SI 51% NO _____

3.1.3. dependencia de la forma como se simboliza el proceso
SI 68% NO _____

3.1.4. no dependencia de las concentraciones de las sustancias implicadas
SI 26% NO _____

Comentario

Los textos expresan el campo de validez de la constante de equilibrio en cuanto a su dependencia de la temperatura y la forma como se simboliza el proceso, pero prácticamente no hacen énfasis en que la constante de equilibrio no depende de las concentraciones de las sustancias implicadas, que es una de las dificultades de aprendizaje encontradas en la literatura.

- **Dificultad 4:** Los estudiantes no interpretan que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso.

Profesores 4. Muchos profesores que han enseñado el equilibrio químico consideran este tema bastante complejo. ¿Cuáles crees que son las principales dificultades de aprendizaje que tienen los alumnos en este tema?

4.1. No tener claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico.

SI____ NO 100% INCOD____

4.2. No tener criterios claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio (constancia de las propiedades y reversibilidad de la situación)

SI 47% NO 53% INCOD____

4.3. Desconocer el campo de validez de la constante de equilibrio

SI 35% NO 65% INCOD____

4.4. No interpretar que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso

SI____ NO 100% INCOD____

4.5. Usar el principio de Le Chatelier como única estrategia para explicar el efecto de las perturbaciones sobre un sistema en equilibrio

SI 6% NO 94% INCOD____

4.6. No establecer relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y su carácter dinámico (reversibilidad microscópica)

SI 41% NO 59% INCOD____

Comentarios

- El 47% considera como una dificultad el no tener criterios claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio (constancia de las propiedades y reversibilidad de la situación)
- El 35% considera como una dificultad desconocer el campo de validez de la constante de equilibrio
- El 41% considera como una dificultad el no establecer relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y su carácter dinámico (reversibilidad microscópica).

Podemos decir que estas dificultades enunciadas son consideradas por menos del 50% de los profesores y las otras dificultades determinadas en la presente investigación no son consideradas como tales por los profesores. En consecuencia, se observa que las dificultades se presentan porque los profesores no las perciben y por lo tanto no las tienen en cuenta ni en la secuencia de contenidos que deben enseñar, ni en el aprendizaje que los alumnos deben alcanzar.

Libros de texto 4. Interpretación de la constante de equilibrio

- 4.1. Se expresa de manera significativa la constante de equilibrio como extensión del proceso, antes de definirla operativamente? SI 4% NO _____
- 4.2. Se expresa de manera significativa la constante de equilibrio como extensión del proceso, después de definirla operativamente? SI 26% NO _____
- 4.3. Se establece el significado del cociente de reacción Q_c (o Q_p) frente a K_c (o K_p) para decidir el sentido de la evolución del sistema químico?
SI 47% NO _____

Comentario

Solamente en una cuarta parte de los textos se expresa de manera significativa la constante de equilibrio como extensión del proceso después de definirla operativamente, porque no plantean la necesidad de conocer la extensión de la reacción una vez alcanzado el estado de equilibrio y por ello, los estudiantes o profesores usuarios no llegan a relacionar el valor de la constante de equilibrio con el grado de avance de la reacción directa respecto al grado de avance de la reacción inversa, cuando se alcanza el estado de equilibrio.

Dificultad 5: Los estudiantes presentan la fijación y la reducción funcionales como formas de razonamiento de sentido común al proponerles cuestiones cualitativas sobre perturbación del equilibrio.

Profesores 6. Qué razonamientos se pueden emplear en clase para explicar la perturbación que sucedería en un sistema en equilibrio cuando se le añade un poco de un reactivo a volumen y temperatura constantes?

- 6.1. Se aplica de forma algorítmica el principio de Le Chatelier
SI 38% NO 56% INCOD 6%
- 6.2. Se deduce la evolución del sistema a partir de un planteamiento matemático
SI 63% NO 31% INCOD 6%
- 6.3. Se deduce la evolución del sistema a partir del modelo de reacción

SI 0% NO 94% INCOD 6%

Comentarios

Predomina un planteamiento matemático (63%), aplicación del principio de Le Chatelier 38% y ninguna respuesta considera la aplicación del modelo de reacción.

Observamos que la enseñanza no tiene en cuenta la interpretación microscópica de la situación de equilibrio. Este hecho hace que los estudiantes tengan una alternativa menos de explicación del efecto de una perturbación en un sistema en equilibrio y refuerza en ellos la fijación y la reducción funcionales del uso del principio de Le Chatelier.

Libros de texto 5. Modificación de la situación de equilibrio

5.1. Se aplica el principio de Le Chatelier?

SI 93% NO_____

5.2. Cuando se altera un sistema en equilibrio, se reemplazan los valores de concentración, presión o volumen en la expresión de la constante de equilibrio para deducir el sentido de la evolución del sistema ? SI 48% NO_____

5.3 Se deduce la evolución del sistema a partir del modelo de reacción ?

SI 3% NO_____

Comentario

En un alto porcentaje los textos aplican el principio de Le Chatelier, como única estrategia para decidir el sentido de evolución del sistema en equilibrio cuando se causa una perturbación y muy poco utilizan el modelo de reacción o el cociente de reacción Q. Esta situación concuerda lógicamente con la situación observada entre los profesores.

Dificultad 6: Los estudiantes no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica.

Profesores 3. Los profesores antes de empezar a introducir el tema de equilibrio químico, planificamos qué aprendizajes queremos que logren los alumnos. Expresa todo aquello que consideres que sería importante que supieran los alumnos al acabar el estudio del tema.

3.1 Saber qué problema resuelve el concepto de equilibrio químico
SI ___ NO 100% INCOD ___

3.2 Saber explicar macroscópicamente cuándo un sistema químico se encuentra en equilibrio
SI 76% NO 24% INCOD ___

3.3 Saber explicar microscópicamente cuándo un sistema químico se encuentra en equilibrio
SI 12% NO 88% INCOD ___

3.4 Saber que la constante de equilibrio expresa la extensión del proceso reversible en estado de equilibrio
SI 29% NO 65% INCOD 6%

3.5 Predecir cualitativamente el efecto de las posibles perturbaciones sobre el estado de equilibrio
SI 100% NO ___ INCOD ___

Comentarios

- No se considera importante plantear el concepto de equilibrio químico como solución a un problema de la Química.
- Se da mayor importancia a la descripción macroscópica del estado de equilibrio que a su interpretación microscópica.
- Se da poca importancia a la expresión de la constante de equilibrio como extensión del proceso reversible en el estado de equilibrio.
- Se considera muy importante, (100%), que los alumnos sepan predecir cualitativamente el efecto de las posibles perturbaciones sobre el estado de equilibrio.

Se observa que la enseñanza hace más énfasis en el tratamiento macroscópico de la situación de equilibrio que a su interpretación a nivel microscópico.

Libros de texto 6. Relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica

6.1. Se hace una aproximación cualitativa al carácter dinámico del equilibrio químico con base en:

6.1.1. Los continuos choques entre las partículas de las sustancias presentes
SI 20% NO_____

6.1.2. Las velocidades de la reacción directa e inversa
SI 91% NO_____

Comentario

Los textos hacen la aproximación cualitativa al carácter dinámico del equilibrio con base en las velocidades de reacción directa e inversa y muy poco tienen en cuenta el modelo de reacción, por lo cual no utilizan el concepto de reversibilidad microscópica del estado de equilibrio para explicar su comportamiento a nivel macroscópico.

Libros de texto 7. Algunas dificultades de aprendizaje detectadas por la investigación didáctica

7.1. Se menciona en algún momento al menos una de las posibles dificultades de aprendizaje detectadas por la investigación didáctica sobre el comportamiento macroscópico del equilibrio, como p. ej.:

7.1.1 En los equilibrios heterogéneos, no diferenciar entre los cambios de masa o de cantidad de sustancia y los cambios de las correspondientes concentraciones SI 2% NO_____

7.1.2 Creer que la composición constante en el equilibrio es idéntica a la simbolizada en la estequiometría del proceso SI 1% NO_____

7.1.3. Suponer que en el equilibrio la concentración de reactivos y productos varía constantemente SI 40% NO_____

7.1.4. Creer que un reactivo puede consumirse totalmente por la adición de otro reactivo SI 0% NO_____

7.1.5. Deducir del simbolismo de la reacción en el estado de equilibrio que existe una compartimentación de reactivos y productos SI 2% NO_____

7.1.6. otra(s) dificultad(es) SI 18% NO_____
Cuál(es) ?

- Creer que las reacciones directa e inversa son oscilantes
- Creer que en el estado de equilibrio las concentraciones de reactivos y productos son iguales

Comentario

Los textos prácticamente no mencionan las posibles dificultades de aprendizaje sobre el comportamiento macroscópico del equilibrio detectadas por la investigación en didáctica de las ciencias.

Libros de texto 8. Otros aspectos generales

8.1. Cuando se plantean actividades o problemas se hace énfasis en:

8.1.1 precisar la situación problemática

SI 20% NO_____

8.1.2 emitir hipótesis sobre los resultados esperados SI 29% NO_____

8.1.3 elaborar algún diseño alternativo de resolución SI 9% NO_____

8.1.4 analizar los resultados SI 48% NO_____

8.2. Se introduce alguna actividad práctica susceptible de realizar en el laboratorio, como p. ej.:

8.2.1. plantear un problema SI 15% NO_____

8.2.2. emitir una hipótesis SI 2% NO_____

8.2.3. hacer un diseño experimental SI 12% NO_____

8.2.4 Analizar resultados SI 43% NO_____

8.2.5. realizar una práctica habitual

SI 55% NO_____

8.3. Se comentan implicaciones CTS?

SI 59% NO_____

8.3.1. Cuántas? 30/51

8.3.3. Cuáles?

- El proceso Haber-Bosch (producción del amoníaco)
- El equilibrio de oxígeno en el organismo
- El ozono en la atmósfera

Comentario

Los textos muy poco hacen énfasis en la precisión de situaciones problemáticas, emisión de hipótesis, elaboración de diseños alternativos de resolución o análisis de resultados cuando se plantean actividades o problemas.

Los textos poco introducen actividades prácticas susceptibles de realizarse en el laboratorio, debido seguramente a la complejidad del tema y a que no es fácil ver los cambios y que no son muchos los ejemplos que se pueden visualizar fácilmente.

En un buen grado los textos comentan implicaciones CTSA. Siendo los textos de segundo bachillerato los que más ejemplos citan.

3.4.4 Consecuencias derivadas de la aplicación del cuestionario a los profesores y de la rejilla usada para analizar los libros de texto

Consecuencia C.1. *‘La enseñanza del concepto de Equilibrio Químico no enfatiza que su introducción se debe a la necesidad de resolver el problema de las reacciones incompletas’.*

(Es decir, para explicar por qué habiendo reactivos en un sistema químico que estaban reaccionando cuando se llega al estado de equilibrio se ‘para’ el proceso en el nivel de representación macroscópica, o sea en el nivel de representación factual).

Para poner a prueba esta consecuencia se han utilizado los ítems 1 y 6 del cuestionario de profesores (QP) y el ítem 1 de la red de análisis de textos (RT). En el ítem 1 del QP se ha obtenido que solamente la mitad de los profesores de la muestra (47%) mencionan el problema y el resto no lo hace. En cambio no parece que sea importante para los profesores (0%) que lo sepan los estudiantes como se puede apreciar en los resultados del ítem 6. En la RT, en el ítem 1, correspondiente a la introducción del tema, escasamente el 1% presenta el problema que resuelve el concepto de equilibrio químico, prácticamente un resultado nulo pero si tenemos en cuenta además en el mismo ítem, el planteamiento de situaciones problemáticas y comentarios de algunas aplicaciones, encontramos en promedio que la cuarta parte de los textos sí considera estos aspectos que están muy relacionados con el problema, aunque sigue siendo un resultado muy bajo.

Consecuencia C.2. *‘La enseñanza del Equilibrio Químico no pone el énfasis en motivar a los estudiantes presentando situaciones problemáticas de interés desde alguno de los distintos puntos de vista industrial, doméstico, de la salud, etc.’*

(Es decir, contextualizando social o personalmente el estudio. Por ejemplo, proponiendo el estudio del proceso Haber, el del equilibrio del pH de la sangre, precipitación de sales de calcio y magnesio en las piscinas, etc. Se puede advertir en el análisis que aunque los textos o los profesores proponen algún ejemplo, ello no es suficiente para interesar o motivar a los estudiantes. Para hacerlo sería necesario estudiar con cierta profundidad alguno de los ejemplos o situaciones problemáticas propuestas en la enseñanza).

Para poner a prueba esta consecuencia también se han propuesto los ítems 1 (en los resultados de la segunda parte de la pregunta abierta) y 6 del QP y el ítem 1 de la RT. Así por ejemplo, en el ítem 1 del QP se ha obtenido que el 53% de la muestra de profesores citan muy brevemente, al menos, 1 ejemplo de situación problemática aunque ninguno de ellos se toma como motivo para desarrollar el tema del EQ. En las respuestas del ítem 6 del QP no hay ningún profesor (0%) que indique que haya de motivarse a los alumnos como asunto importante a tener en cuenta.

En el ítem 1 de la RT, como ya anotamos se encontró un bajo porcentaje de textos (25%) que presentan situaciones iniciales que generan interés.

Consecuencia C.3. *‘En la secuencia y organización de los contenidos del tema predomina una orientación empiroinductivista en la que se presentan inicialmente los datos de composición del sistema hasta alcanzar el estado de equilibrio para que los estudiantes induzcan el valor de la constante de equilibrio’*

(Se espera que sean pocos los textos que presenten inicialmente el problema macroscópico a estudiar y traten de argumentar una explicación fundamentándola con el carácter dinámico –microscópico- del estado de equilibrio en el que se igualan las velocidades de las reacciones directa e inversa o en el que hay un mínimo de la función energía libre del sistema. Ahora bien, es muy posible que los textos introduzcan la hipótesis microscópica de igualación de velocidades después de utilizar el razonamiento inductivo. Conviene tener presente que el denominado por el profesorado como ‘método científico’ que se utiliza habitualmente ordena las etapas de la siguiente manera: observación -de los datos-, experimentación, hipótesis y ley o teoría).

En los resultados del ítem 2 del QP (cuestionario aplicado a los profesores) se ve

claramente que un poco más de la mitad de la muestra (53%) presenta una secuenciación que hemos descrito como empiro-inductivista. Por ejemplo, la siguiente respuesta de uno de los profesores encuestados: “La mejor secuencia sería introducción empírica de la ley de acción de masas, constante de equilibrio, estudio cualitativo del equilibrio (Le Chatelier), problemas cuantitativos de equilibrio, estudio de los equilibrios más importantes (ácido base, redox, precipitación, formación de complejos)”. En el mejor de los casos solamente hay un total del 30% (18% cinéticamente y 12% termodinámicamente) que no utiliza una organización empirista de los contenidos conceptuales (las respuestas no son excluyentes). También hay que resaltar que el 23% (incodificable) de la muestra no presenta una ordenación que se pueda catalogar.

En el ítem 2 de la RT (red de análisis de textos) (¿Cómo se interpreta el concepto de Equilibrio Químico?) hay un 52% de textos que también presenta la visión empirista en la construcción de este conocimiento químico. Es cierto que hay un 68% de libros que también introducen la hipótesis microscópica para explicar el Equilibrio Químico pero ello no es suficiente para indicar que su orientación es hipotético-deductivista puesto que pueden exponer aquella hipótesis después de presentar los datos e inducir el valor de la K_c . De hecho, en este ítem 2 el 20% corresponde solamente a los textos que presentan el razonamiento cinético y el 28% basado en consideraciones termodinámicas (que incluye además razonamientos empírico-inductivos o hipotético-deductivos y puramente termodinámicas, el 4%).

Consecuencia C.4. *‘La enseñanza del Equilibrio Químico presentará la definición operativa de K_c sin tratar previa o posteriormente algún significado cualitativo de la constante como valor que expresa la extensión del proceso directo en relación con el inverso (C.4.1), tampoco se expresará el campo de validez del concepto (C.4.2) y, por el contrario, se favorecerán razonamientos*

simples como la fijación funcional del principio de Le Chatelier en la perturbación del EQ (C.4.3)'

Consecuencia C.4.1. En el ítem 4 del QP (donde se preguntaba al profesor sobre las principales dificultades de los estudiantes) no hubo ninguna respuesta (0%) que prestara atención al significado cualitativo del EQ. Resultado parecido se obtiene en la RT, pues solamente el 4% de los textos analizados expresa algún significado cualitativo (sin entrar a valorar la calidad de la respuesta, o sea sin analizar si este significado es correcto o no). En cambio, cuando se pregunta en el ítem 6 del QP al profesor qué es importante que sepan los alumnos al acabar el tema, hay un 29% de la muestra que explicitan que deberían saber el significado cualitativo de K_c .

Consecuencia C.4.2. En relación con la definición operativa de K_c y el campo de validez de este concepto, se planteó en el ítem 5 de QP una cuestión indirecta en la que un estudiante mencionaba que $K_c = f(T \text{ y } c_i)$. A este respecto hay una cuarta parte del profesorado (24%) que asume que K_c es dependiente de las concentraciones de las sustancias implicadas. Como un ejemplo de este error conceptual en el profesor veamos la siguiente respuesta: “Efectivamente la constante de equilibrio depende de la temperatura y de las concentraciones de las sustancias como se puede observar en la fórmula de K_c ”. En este caso se muestra un desconocimiento del significado ‘constante’ del valor de K_c . Sobre este asunto, en el ítem 4 del QP hay un 35% de profesores que citan que los estudiantes desconocen el campo de validez de K_c . En la muestra de libros de texto hay una cuarta parte de textos que expresan explícitamente que K_c no es dependiente de las concentraciones, tal vez se debería ampliar esta explicitación en los textos para disminuir aquel error en los docentes y además consideramos que en los textos se debe decir que K_c depende de la naturaleza de las sustancias que intervienen y que su valor también dependerá del esquema de reacción que se utilice.

Consecuencia C.4.3. Respecto a la afirmación de que se favorecen razonamientos

simples que provocan fijación funcional del principio de Le Chatelier (y, en particular, de su validez universal) como única explicación del efecto resultante de una perturbación a un sistema en equilibrio, en el ítem 6 del QP el 100% de los encuestados indica que es muy importante predecir cualitativamente el efecto al perturbar el equilibrio al variar, por ejemplo, la concentración de un reactivo o producto. Este resultado es convergente con el obtenido en el ítem 5 de la RT ya que el 93% de los textos utiliza el principio de Le Chatelier. En cambio, disminuye al 48% los que usan la definición operativa de K_c para derivar qué ocurre y hay muy pocos textos (3%) que emplean el método de las velocidades de reacción directa e inversa para predecir lo que puede pasar. En el ítem 6 del QP, es el 63% de los docentes encuestados que indican que utilizan el razonamiento matemático mientras que solamente el 38% dicen que emplean el principio de Le Chatelier. En lo que sí que hay convergencia es en que en esta cuestión el 0% de los profesores no menciona el uso del método de las velocidades de reacción. En resumen, los resultados tanto en libros como en profesores nos muestran que a pesar de que se utiliza mayoritariamente la deducción de K_c a partir de la igualación de velocidades (que parece que es un razonamiento fácilmente entendido por los estudiantes) en cambio no es utilizado para derivar cómo evolucionará el sistema al perturbar un estado de equilibrio. Se prefiere el uso del principio de Le Chatelier que tiene ciertos aspectos animistas como si el sistema pudiera apreciar la perturbación que se le hace y actuara en sentido contrario.

Consecuencia C.5. *‘La enseñanza del Equilibrio Químico presenta una concepción acumulativa lineal en la construcción de los conocimientos científicos al superponer (no diferenciar) la descripción del comportamiento macroscópico del sistema químico en el equilibrio con la explicación microscópica causal de que se alcance dicho estado’.*

En el fundamento de esta consecuencia habrá que indicar que el profesorado prioriza en la enseñanza la descripción macroscópica del equilibrio (coherente con la visión empirista del fenómeno) que se suele concebir como efecto y causa del

fenómeno cuando en realidad se trata de un hecho, dato o evidencia que se ha de explicar causalmente con el cuerpo teórico de conocimientos. Así se comprende que:

En el ítem 6 del QP, el 76% del profesorado indica la importancia de que el estudiante sepa '*explicar macroscópicamente*' el estado de equilibrio frente a un 12% que expresa que se ha de explicar microscópicamente. Un resultado semejante se obtiene con los libros de texto pues en el ítem 6 de la RT solamente el 20% de los textos se preocupa de establecer una relación adecuada entre los niveles de representación macroscópica y microscópica saliendo al paso de la superposición macro-micro.

CAPÍTULO 4. CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS

Es posible elaborar una alternativa didáctica para la enseñanza del concepto de equilibrio químico que tenga en cuenta los avances de la didáctica de las ciencias y que al implementarla en el aula aumente significativamente los logros del aprendizaje en los alumnos.

4.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 Visión parcial del problema

“Para enseñar no basta con saber la asignatura, si fuera una mera cuestión de información mejor sería traspasar la responsabilidad de la educación a buenos programas de vídeo interactivo o de informática”, dicen Hernández y Sancho (1994). Un buen número de profesores universitarios ejerce su labor docente teniendo como referentes los estilos de los profesores que tuvieron en su época de estudiantes, de los cuales han *leído* los principios exitosos de la docencia, aunque estos a veces vayan en contra de los resultados de la investigación en Psicología, Didáctica, Pedagogía y en general en todas las disciplinas que pueden contribuir a explicar ¿por qué no aprenden los alumnos lo que se les quiere enseñar? Es decir, no se preocupan por configurar intencionalmente su propio modelo.

También se observa como dicen Gil y Pessoa (2000) citando a Briscoe (1991),

"refiriéndose a la experiencia norteamericana, cada año miles de profesores participan en seminarios o asisten a cursos con la intención de perfeccionarse profesionalmente y cuando reanudan sus clases y creen estar mejor preparados para usar las nuevas técnicas, los nuevos materiales curriculares, las nuevas formas de favorecer la creatividad y el aprendizaje de sus alumnos, muchos de estos profesores y profesoras se encuentran antes de que puedan darse cuenta, enseñando de la misma forma como lo habían hecho siempre adaptando los nuevos materiales o técnicas a los patrones tradicionales".

Porque, aunque un buen número de profesores ha aceptado que la enseñanza de las ciencias tiene una compleja problemática susceptible de ser investigada, no sólo para dar soluciones inmediatas, sino para, sistematizar un nuevo conocimiento que nutre la didáctica de las ciencias como un nuevo campo de conocimiento, existe una cierta renuencia a reconocer que los conocimientos de la didáctica general son insuficientes para fundamentar la enseñanza y las investigaciones en la enseñanza de las Ciencias (Pessoa, 1988; Furió y Gil, 1989; Viennot, 1989).

Esta situación repetida en casi todos los ámbitos universitarios, explica nuevamente que todo aprendiz debe estar dispuesto a aprender significativamente, que necesita reconocer sus concepciones previas, analizarlas y valorarlas con respecto a las nuevas ideas que desea aprender para incorporarlas a su estructura cognitiva sin conflictos y que para cambiar sus estrategias debe iniciar un proceso permanente de investigación en el aula, para percibir no solo los problemas de aprendizaje sino también los problemas de la enseñanza y proceder experimentalmente a diseñar y probar nuevas estrategias de enseñanza, aprendizaje y evaluación. Se espera que si el profesor y los estudiantes contribuyen mediante su acción investigativa a la construcción de nuevos conocimientos en didáctica cambiarán sus concepciones y actitudes en el proceso educativo.

Finalmente, después de verificar la existencia de las dificultades objeto de estudio y su relación con las carencias en la enseñanza y en los libros de texto, se espera que " La

comprensión y el aprendizaje de conceptos científicos se pueda favorecer con una enseñanza que tenga en cuenta los avances de la investigación didáctica sobre el aprendizaje de las ciencias (Furió, 1996; Carrascosa et al, 1996; Wandersee et al, 1994; Gabel, 1998; Gil, 1996). Según estos avances, son los propios estudiantes los que, apoyándose en los conocimientos que poseen, en sus intereses y experiencias, construyen activamente los nuevos conocimientos" (Moncaleano et al, 2001).

4.1.2 Objetivos

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar estrategias alternativas didácticas para la enseñanza del concepto químico, que tengan en cuenta los avances de la didáctica de las ciencias y que propicien el aumento significativo de logros en el aprendizaje en los alumnos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprobar que el programa guía de actividades es un estrategia que utilizada en el contexto de la investigación orientada permite contrarrestar las dificultades de aprendizaje del concepto de equilibrio químico.
- Comprobar que la resolución de problemas como una estrategia de investigación orientada incentiva el logro de aprendizajes significativos en el curso de Química General.

4.1.3 Contexto y población de la investigación

Esta parte del trabajo de investigación se realizó con estudiantes de Química General de la Universidad Industrial de Santander – UIS – de Colombia. Son jóvenes de 17 a 18 años, matriculados en los diversos programas de ingeniería en el período comprendido entre el año 2003 y 2006.

Como se explicó anteriormente la división de servicios académicos distribuye aleatoriamente los estudiantes en grupos organizados por materias y horarios en el ciclo básico. El curso de Química general se imparte a 700 estudiantes por semestre distribuidos en 16 grupos de más o menos 44 estudiantes cada uno. Estos cursos son orientados por seis profesores de la Escuela de Química. A lo largo de la realización de esta investigación se han vinculado de una u otra forma todos los profesores, pero han participado en una forma decidida y comprometida tres profesores.

En este ciclo la escuela de Química realiza los exámenes en forma colectiva. Es decir se aplica al mismo tiempo, la misma prueba a todos los estudiantes que cursan la asignatura.

Dado que los estudiantes tienen características (académicas) y competencias muy similares al tomar la asignatura de Química General, se decidió con los profesores colaboradores que nosotros tomaríamos los grupos experimentales y que los grupos control serían los orientados por los tres profesores que no participan directamente en la investigación.

La experimentación se ha venido realizando con todo el programa de la asignatura, sin embargo, aquí solamente se presentan las acciones realizadas con el tema de equilibrio químico.

PROFESORES

En la escuela de Química los profesores forman colectivos alrededor de las asignaturas, lo que ocurre con la Química general. Este colectivo tiene como propósito reflexionar sobre las estrategias de enseñanza, velar por el cumplimiento de los programas, así como preparar las pruebas y aplicarlas en forma simultánea a todos los alumnos que cursan la asignatura.

En este contexto se habló con los profesores sobre la experimentación y tres de ellos aceptaron aplicar el pretest y postest sobre equilibrio químico sin participar en la experimentación.

Los otros tres preparamos la experimentación realizando diversas actividades:

- Lecturas básicas sobre didáctica de las Ciencias
- Selección y fundamentación de las estrategias
- Planeación de las actividades de aplicación y elaboración del cronograma de actividades
- Reuniones semanales para dialogar sobre las dificultades y logros

4.1.4 Hipótesis

4.1.4.1 Hipótesis general

Es posible elaborar una alternativa didáctica para la enseñanza del concepto de equilibrio químico que tenga en cuenta los avances de la didáctica de las ciencias y que al implementarla en el aula aumente significativamente los logros del aprendizaje en los alumnos.

4.1.4.2 Hipótesis alternativas

- El programa guía de actividades es una estrategia que utilizada en el contexto de la investigación orientada permite contrarrestar las dificultades de aprendizaje en el concepto de equilibrio químico.
- La resolución de problemas es una estrategia de investigación orientada que incentiva el logro de aprendizajes significativos en el concepto de equilibrio químico.

4.1.5 Resultados esperados

Aprendizaje significativo del concepto de equilibrio químico

4.1.6 Estrategia de contrastación

DISEÑO EXPERIMENTAL

Tipo de diseño

Grupo Control

 Pretest - Posttest

Grupo Experimental

 Pretest-Experimentación-Posttest

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Es posible elaborar una alternativa didáctica para la enseñanza del concepto de equilibrio químico que tenga en cuenta los avances de la didáctica de las ciencias y que al implementarla en el aula aumente significativamente los logros del aprendizaje en los alumnos.

Variables

Independiente: Estrategias que tengan en cuenta los resultados de la investigación en didáctica.

Dependiente: los logros del aprendizaje en los alumnos.

Programa guía de actividades

En el contexto de la investigación orientada el programa guía de actividades, parte de la evaluación diagnóstica a partir del pretest o medición antes realizada con el propósito de conocer las ideas previas de los estudiantes. Cada actividad está diseñada para que el profesor y los estudiantes desarrollen actividades que permitan alcanzar los logros propuestos.

Los logros del aprendizaje en los alumnos.

Los logros se verifican con el postest o medición después. Se considera como significativo que los estudiantes trasciendan los primeros resultados de forma tal que se pueda considerar que han logrado el aprendizaje.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA 1.

El programa guía de actividades es un estrategia que utilizada en el contexto de la investigación orientada permite contrarrestar las dificultades de aprendizaje del concepto de equilibrio químico.

Variables	<p>Independiente: Estrategia de Programa guía de actividades</p> <p>Dependiente: Dificultades del aprendizaje</p>
Estrategia de Programa guía de actividades	<p>Hace referencia al conjunto de actividades del maestro y del estudiante, orientadas por el maestro, con el propósito de construir conceptos y aplicarlos cuando fuere necesario para responder preguntas o resolver problemas, teniendo como resultado el aprendizaje significativo, el alcance de logros y el desarrollo de competencias.</p>
Dificultades del aprendizaje	<p>Las dificultades de aprendizaje del concepto de equilibrio químico consideradas aquí se detectaron en una investigación previa, se ratificaron en la confirmación de la primera hipótesis y se relacionaron con las carencias en la enseñanza.</p>

HIPÓTESIS ALTERNATIVA 2

La resolución de problemas como una estrategia de investigación orientada incentiva el logro de aprendizajes significativos en el concepto de equilibrio químico.

Variables	<p>Independiente: La resolución de problemas como una estrategia de investigación orientada</p> <p>Dependiente: Aprendizaje significativo en el concepto de equilibrio químico</p>
------------------	--

<p>La resolución de problemas como una estrategia de investigación orientada.</p>	<p>La resolución de problemas es una estrategia estructurada sobre el proceso de resolución de un problema siguiendo los principios de la investigación orientada. El grupo, distribuido en pequeños grupos (5 integrantes más o menos), recibe la tarea de resolver un problema. Cada grupo elabora su cronograma de actividades teniendo en cuenta el cronograma general diseñado por el profesor, que tiene que ajustarse al calendario académico de la universidad.</p>
<p>Aprendizaje significativo</p>	<p>Se considera como significativo el hecho de que los estudiantes trasciendan los primeros resultados de forma tal que se pueda considerar que han logrado el aprendizaje.</p>

4.2 INVESTIGACIÓN ORIENTADA. EXPERIMENTACIÓN

4.2.1 Pretest – Evaluación Diagnóstica

Tal como se demostró en el capítulo anterior durante varios semestres se comprobó que las dificultades objeto de estudio se presentaban significativamente en los alumnos involucrados en la investigación, de tal forma que la información obtenida puede considerarse como base para la experimentación.

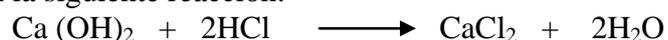
Sin embargo, con el propósito de inducir a los estudiantes a reflexionar sobre los conocimientos básicos para abordar los nuevos aprendizajes se realizó el siguiente pretest. Cada estudiante respondió en forma individual y posteriormente se realizó una sesión plenaria en la cual los estudiantes expusieron las razones para responder como lo hicieron. Además se les pidió buscar las posibles causas por las cuales presentaban concepciones

erróneas al comparar su trabajo con las respuestas consideradas correctas.

PRETEST

Por favor, lee cuidadosamente las siguientes preguntas y responde tratando de recordar y asociar con los conocimientos que posees desde cursos anteriores.

1. De acuerdo con la siguiente reacción:



Si se mezclan 3 moles de Ca (OH)_2 y 5 moles de HCl , cuantos moles de cada una de las sustancias representadas en la ecuación química estarán presentes después de la reacción?

1.1	Alumnos que calcularon mal las cantidades de los productos.	25%
1.2	Alumnos que calcularon bien las cantidades de los productos (pero no calcularon los moles de Ca(OH)_2 que quedan de exceso).	45%
1.3	Alumnos que calcularon bien las cantidades de los productos y los 0,5 moles de Ca(OH)_2 que quedan de exceso.	30%

Se observa que los alumnos en un buen porcentaje (75%) calculan bien las cantidades de los productos de la reacción, pero solo un 30% calcula los moles del reactivo que no reacciona.

Al dialogar con los estudiantes argumentaron que normalmente en ese tema nunca se les pregunta por la cantidad de sustancia que no reacciona.

Lo anterior pone en evidencia que este es un logro que no se ha alcanzado en los programas donde deberían haber aprendido el concepto.

2. Se introduce un mol de $\text{FeO}_{(s)}$ y un mol de $\text{CO}_{(g)}$ en un recipiente cerrado y se calienta a una determinada temperatura; si los productos de la reacción son $\text{Fe}_{(s)}$ y $\text{CO}_{2(g)}$ escriba la ecuación de la reacción química que usted crea que tiene lugar.

2.1	Alumnos que escriben la ecuación: $\text{FeO}_{(s)} + \text{CO}_{(g)} \longrightarrow \text{Fe}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$ (en un solo sentido, sin considerar situación de equilibrio).	100%
2.2	Alumnos que escriben la ecuación : $\text{FeO}_{(s)} + \text{CO}_{(g)} \rightleftharpoons \text{Fe}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$ (consideran una situación de equilibrio).	0
2.3	Alumnos que no escriben ninguna ecuación.	0

La totalidad de los alumnos escriben la ecuación pero en un solo sentido. Ninguno piensa en que se puede dar también la reacción en sentido contrario, es decir, que sea reversible. Realmente por ser el tema nuevo no están familiarizados con las situaciones de equilibrio.

3. Si al recipiente con el contenido de la pregunta anterior se adiciona a la misma temperatura 0.2 moles de $\text{CO}_{2(g)}$, podría ocurrir alguna reacción?
Sí _____ No _____ Cuál sería esta reacción?

3.1	Alumnos que responden solamente Sí.	4%
3.2	Alumnos que responden solamente No.	48%
3.3	Alumnos que responden Sí y escriben la ecuación $\text{Fe}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \longrightarrow \text{FeO}_{(s)} + \text{CO}_{(g)}$ (pero no la consideran reversible).	48%

Encontramos que aproximadamente la mitad de los alumnos sí considera que ocurre la reacción inversa pero no interpreta que los dos procesos directo e inverso se dan simultáneamente, es decir que se trata de una reacción reversible.

4. a. En el caso de que en la pregunta anterior ocurra reacción entre el $\text{Fe}_{(s)}$ y el $\text{CO}_{2(g)}$, la masa de $\text{Fe}_{(s)}$ (AUMENTA, DISMINUYE, QUEDA IGUAL)?

4.a.1	La masa de $\text{Fe}_{(s)}$ DISMINUYE	82%
4.a.2	La masa de $\text{Fe}_{(s)}$ AUMENTA	8%
4.a.3	La masa de $\text{Fe}_{(s)}$ QUEDA IGUAL	10%

4. b. Los moles/litro de $\text{FeO}_{(s)}$ (AUMENTAN, DISMINUYEN, QUEDAN IGUAL)?

4.b.1	Los moles/litro de $\text{FeO}_{(s)}$ QUEDAN IGUAL	18%
4.b.2	Los moles/litro de $\text{FeO}_{(s)}$ AUMENTAN	70%
4.b.3	Los moles/litro de $\text{FeO}_{(s)}$ DISMINUYEN	12%

Los alumnos consideran correctamente la disminución de las cantidades de reactivos y el aumento de las cantidades de productos cuando ocurre la reacción, pero, no establecen diferencia entre la masa y la concentración de las sustancias cuando éstas son sólidas.

5. Cómo puedes explicar el hecho de que la velocidad de las reacciones químicas aumenta cuando aumenta la concentración de los reactivos?

5.1	Alumnos que tienen en cuenta el modelo de reacción o la ecuación de velocidad.	45%
5.2	Alumnos que no dan ninguna explicación válida.	30%
5.3	Alumnos que no responden.	25%

Aproximadamente la mitad de los alumnos tienen en cuenta el aumento del número de choques entre las partículas o la proporcionalidad en la ecuación de velocidad. Los demás alumnos dan argumentos que no corresponden al concepto de velocidad de reacción.

4.2.2 Programa Guía de Actividades

4.2.2.1 Presentación

Como se ha explicado en el numeral tres cuatro tres uno, esta estrategia se usa en el contexto de la investigación orientada con el propósito de lograr que los estudiantes alcancen aprendizajes significativos y superen así las dificultades encontradas en una investigación anterior y confirmadas en la primera hipótesis de esta tesis.

En el curso de Química general se combina con otras estrategias y se usan a lo largo de todo el programa, sin embargo en este informe solamente se presenta lo relacionado con el aprendizaje del concepto de Equilibrio Químico que es uno de los temas más complejos del programa.

Se ha tenido especial cuidado para que el alumno no solamente aprenda significativamente, sino, para que aprenda a prender, para que continúe usando la estrategia en otras asignaturas donde el curso se oriente con la metodología tradicional.

4.2.2.2 Competencias, logros e indicadores

Esta asignatura pertenece al ciclo básico de las carreras de ingeniería donde se pretende que el estudiante desarrolle competencias relacionadas con la capacidad de comprensión y aplicación de las teorías científicas de Ciencias naturales y las matemáticas.

♦ **Competencia:**

Construye los conceptos fundamentales del equilibrio químico

Logros. El estudiante:

- Reconoce la existencia de procesos reversibles y su estado de equilibrio
- Interpreta la composición constante de la mezcla de sustancias en equilibrio
- Interpreta el significado de la ley del equilibrio químico
- Describe los factores que alteran el estado de equilibrio
- Utiliza diferentes estrategias para predecir el desplazamiento del estado de equilibrio

♦ Competencia:

Aplica los conceptos construidos en la respuesta de preguntas, resolución de problemas o en el análisis de situaciones planteadas

Logros. El estudiante:

- Reflexiona críticamente sobre las preguntas formuladas
- Indaga en otras fuentes las consideraciones sobre el tema
- Comparte con los compañeros de su grupo las interpretaciones personales
- Realiza procesos operativos relacionados con situaciones de equilibrio químico
- Construye la respuesta a la pregunta o problema o situación
- Expone en plenaria los resultados del trabajo realizado en el grupo.

♦ Competencia:

Valora los aportes de los compañeros de grupo

Logros. El estudiante:

- Participa en las discusiones con la intención de dar y recibir aportes.
- Escucha con respeto lo que otros dicen.
- Reconoce y utiliza los aportes que realizan los demás participantes en las actividades planteadas.
- Participa activamente en las plenarios para realizar la puesta en común.

♦ Competencia

Muestra espíritu de colaboración al apoyar el desarrollo de las actividades propuestas

Logros. El estudiante:

- Contribuye a la discusión del grupo con aportes y preguntas que estimulan el pensamiento o brindan información e ideas.
- Está dispuesto a ser útil al grupo que integra.
- Participa de manera activa y argumentada en las discusiones y los trabajos del grupo.
- Cumple con las tareas y las citas

4.2.2.3 Actividades

Antes de iniciar el desarrollo de las actividades se orienta a los estudiantes sobre la intención de las estrategias de enseñanza y aprendizaje, solicitando su participación y colaboración para conseguir el logro de aprendizajes significativos. Además se dialoga con los estudiantes sobre los resultados del pretest, las dificultades detectadas y se les pide que expongan las causas por las cuales creen ellos se presenta esta situación.

De este conversatorio se deduce que en primer lugar habrá que conectar este tema con los anteriores y en particular, con el de la estequiometría, donde el problema fundamental que se ha resuelto es el de los cambios de las sustancias (en qué proporción ponderal se obtienen los productos) que ocurren en una reacción Química. En aquel tema de manera implícita se suponía –sin decirlo a los alumnos- que el proceso era irreversible y total. En este tema ampliaremos nuestra visión sobre las reacciones químicas fijándonos en nuevas situaciones en que estos procesos no suceden de esta manera. Veremos cómo aún habiendo reactivos en el sistema no reaccionan llegando a situaciones que llamamos de “equilibrio”.

4.2.2.3.1 Introducción

En la primera parte a modo de introducción se desarrollan las dos primeras actividades que tienen como propósito llamar a la reflexión sobre la importancia de estudiar y comprender el concepto de equilibrio químico.

Actividad 1. ¿Cuál es el interés que puede tener el estudio de un tema como el del equilibrio químico?

Profesor

Comentario A.1.

Con esta actividad se intenta resaltar aquellos ejemplos, fenómenos, o situaciones relacionadas con nuestra vida ordinaria y que, por tanto, resulten de utilidad, interés, etc. a los estudiantes. Se pueden señalar cuestiones de salud que interesa conocer mejor con el fin de prevenir efectos fatídicos para las personas como, p.e., el mal de altura que

podemos padecer cuando pasamos de una ciudad a nivel del mar a otra ciudad como Bogotá que está a 2600 metros de altura. Idem para los submarinistas que no tienen la precaución de subir lentamente a la superficie. También se pueden sugerir aplicaciones de este conocimiento que permiten mejorar la eficiencia en la fabricación de productos como, p.e., el amoníaco, producto intermedio necesario para obtener otros productos químicos, etc.

Estudiantes

A. 1 Actividades de iniciación

1. Organización de pequeños grupos
2. Interpretación de la explicación dada por el profesor y del sentido de la tarea que implica esta primera actividad

B. Actividades de desarrollo

Los estudiantes divididos en grupos analizan algunas situaciones de funcionamiento del cuerpo humano en un estado normal y su alteración cuando se cambia alguna condición de esa situación. En este mismo sentido analizan situaciones ambientales y sus consecuencias cuando ocurre alguna alteración.

Los estudiantes con la mediación del profesor también analizan la aplicación del conocimiento del equilibrio químico a procesos industriales con el fin de mejorar la eficiencia en la obtención de algún producto importante, p. e. la obtención de amoníaco o la obtención de SO_3 (producto intermedio en la obtención del H_2SO_4).

Al finalizar la actividad los estudiantes ponen en común estas situaciones relacionadas con nuestra vida ordinaria y que resultan ser de mucho interés.

Actividad 2. *¿Qué preguntas o problemas nos podemos plantear en el estudio del tema de equilibrio químico?*

Profesor

Comentario A.2.

Se trata de plantear cuál es el problema estructurante que pretende resolver este estudio, a saber: ¿por qué reaccionan dos sustancias y, en otras condiciones, estas mismas sustancias no reaccionan? Es más, cómo es que a veces se produce la reacción contraria a la esperada. Otra manera de plantear la misma pregunta es la siguiente: ¿a qué se debe la espontaneidad de un proceso? Esto es, la pregunta básica que orientará al estudiante en este tema es: ¿por qué ocurre un cambio químico (o también físico)? Pregunta que se

puede realizar a principio de curso y, posteriormente, hacerla al final después de estudiar el tema.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Los estudiantes reunidos en grupos analizan la situación problemática planteada por el profesor sobre la razón por la cual reaccionan las sustancias químicas. Situación que aunque poco se cuestiona en los cursos de química general produce motivación en los estudiantes.

B. Actividades de desarrollo

Las argumentaciones de los estudiantes tienden a basarse en las atracciones entre las sustancias reaccionantes y también a las posibles atracciones entre las sustancias producidas en la reacción, lo cual está de acuerdo con la consideración que se hicieron Waage y Guldberg de que una reacción química ocurre bajo la influencia de la fuerza resultante de todas las atracciones que se ejercen entre las diferentes partículas (moléculas, átomos, grupos de átomos) presentes en el medio de reacción. Ellos consideraron el estado de equilibrio químico como un balance entre las fuerzas impulsoras de la reacción inicial y la de la reacción inversa que se produce entre los productos de la reacción inicial.

El hilo conductor del tema se puede desarrollar de acuerdo con los siguientes ítemes:

1. ¿Cuándo podemos decir que un sistema químico o físico está en equilibrio?
2. ¿Por qué habiendo reaccionantes en un sistema químico en equilibrio no siguen reaccionando?
3. La ley del equilibrio químico. Significado de la constante de equilibrio.
4. ¿Qué información nos proporciona la constante de equilibrio, K ?
5. El caso de los equilibrios heterogéneos.
6. Factores que pueden afectar al equilibrio químico. El principio de Le Chatelier.
7. Aplicaciones de la ley del equilibrio químico.
8. Actividades de síntesis y recapitulación del estudio realizado.

4.2.2.3.2 ¿Cuándo podemos decir que un sistema químico o físico está en equilibrio?

Antes de empezar a caracterizar macroscópicamente cuando un sistema físico o químico está en equilibrio, hay que hacer una primera clasificación de la forma en que se pueden realizar los procesos (irreversibles y reversibles) atendiendo al criterio de si es posible o no revertir el sistema que reacciona a una situación anterior.

Actividad 3. *¿Cuándo decimos que un proceso físico o químico tiene lugar de forma reversible y cuando irreversible?*

Profesor

Comentario A.3.

Habrá que empezar por establecer el criterio macroscópico de clasificación: un cambio será reversible cuando cambiando las condiciones podemos invertir el sentido de evolución del mismo. En caso contrario diremos que se realiza irreversiblemente. Se propondrán ejemplos cotidianos que los alumnos han visto anteriormente o que forman parte de su experiencia física para que los clasifiquen tratando de que expliciten los criterios empleados. Se pueden traer a colación, primero, algunos irreversibles como p.e., quemar celulosa o alcohol (tener en cuenta que con CO_2 y H_2O se puede obtener metanol o etanol), oxidación ambiental del Fe (tener en cuenta que el Fe se obtiene a partir del óxido en otras condiciones). En esta actividad debe quedar claro que muchos de estos procesos pueden realizarse de las dos formas dependiendo de las condiciones de reacción. Por ejemplo, la oxidación del hierro por los iones cobre puede hacerse mezclando el sólido con una disolución de iones Cu^{2+} (irreversible) o mediante una pila electroquímica (reversible), otros ejemplos de procesos reversibles: la evaporación-condensación (físico) y la disolución-precipitación de sales (químico).

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

En plenaria los estudiantes reciben las instrucciones y atienden a los comentarios generales del profesor. Buscan situaciones reales para verificar lo planteado en clase.

B. Actividades de desarrollo

Al poner a los estudiantes a contrastar la corrosión ambiental del hierro como proceso irreversible frente a un proceso reversible por ejemplo la oxidación del Pb por el PbO_2 en la batería de un coche, manifiestan algunos eventos que a su juicio tienen relación con la situación planteada, tales como: la corrosión del hierro producida por el contacto con la atmósfera, a mayor humedad mayor corrosión, en cercanías del mar mayor corrosión, el

hierro pierde sus características originales (indicador de cambio químico). Con respecto a la batería opinan que tiene un tiempo de funcionamiento, que las placas de Pb y PbO₂ se gastan y que cuando falla hay que recargarla.

Para avanzar en la discusión se les pide que traten de explicar la situación desde los conceptos de química ya estudiados. En este sentido los estudiantes hacen las siguientes anotaciones: la corrosión es un proceso de oxidación-reducción que avanza en un solo sentido pudiendo convertirse totalmente en óxido y que este proceso es definitivo porque en las mismas condiciones atmosféricas no se puede recuperar el hierro a partir del óxido, que esta es una situación de reacción completa y que por lo tanto el proceso es irreversible.

En cambio en el caso de la batería los estudiantes manifiestan que las placas se agotan porque reaccionan, que ocurre una reacción de oxidación-reducción y que cuando se recarga la batería esta reacción de oxidación-reducción se invierte para recuperar los reactivos originales, lo que permite afirmar que se trata de un proceso reversible.

Los demás grupos analizaron otros ejemplos presentándose situaciones similares en donde fue necesario formularles algunas preguntas orientadoras para que elaboraran explicaciones desde los conceptos de química ya estudiados.

Actividad.4. *La evaporación y la condensación de líquidos como p.e., el alcohol, son procesos antagónicos que pueden llevarse a cabo de forma reversible. Explica en qué consiste cada uno de ellos justificándolo mediante el modelo cinético e idea una forma simbólica de representar en un mismo esquema de reacción.*

Profesor

Comentario A.4.

Se mostrará cómo puede hacerse para obtener diferentes resultados, de *forma reversible macroscópicamente* (en sistema cerrado) o de forma *irreversible* (en recipiente abierto). Para ir acotando el problema a abordar nos dedicaremos a estudiar los procesos reversibles.

Una segunda clasificación que será conveniente que el profesor indique, al tiempo que se realiza esta misma actividad, es la de procesos reversibles físicos y químicos ya que nos centraremos en estos últimos aunque todo lo que se diga sobre ellos será de aplicación en los físicos.

El ejemplo de proceso reversible físico indicado nos puede servir muy bien para iniciar la introducción del simbolismo utilizado (doble flecha) cuando se realiza reversiblemente y hacer el énfasis en la existencia de dos procesos posibles antagónicos. Precisamente cuando se nombra un equilibrio casi siempre se prioriza el nombre del proceso hacia la derecha tal como se escribe el esquema de reacción pero, en realidad, se debería titular con los dos (equilibrio de precipitación-disolución, de vaporización-condensación, etc.).

Estudiantes**A. Actividades de iniciación**

En los pequeños grupos los estudiantes leen textos complementarios a la explicación del profesor. Cada uno lleva un pequeño escrito con ideas que le permitan enriquecer la discusión.

B. Actividades de desarrollo

Los estudiantes inician la discusión por grupos tratando de aclarar en qué consiste el proceso de evaporación. Una vez entendido macroscópicamente este proceso se les plantea la pregunta sobre qué ocurre con el alcohol en estado de vapor si el recipiente se encuentra abierto a la atmósfera o si por el contrario el recipiente se encuentra cerrado. Ellos emiten opiniones a cerca de que a mayor temperatura habrá mayor evaporación, que en el recipiente abierto el vapor del alcohol se escapa a la atmósfera, pudiendo llegar a evaporarse todo el alcohol (proceso irreversible). En cambio en el recipiente cerrado, estando a la temperatura ambiente la evaporación no es total, en el recipiente cerrado queda una fase gaseosa y una fase líquida.

Se pide a los estudiantes explicar porqué en el recipiente cerrado si hay evaporación el volumen de la fase líquida se mantiene constante?

Los estudiantes expresan sus opiniones y terminan concluyendo que se dan simultáneamente dos procesos antagónicos: la evaporación del alcohol desde la superficie del líquido hacia la fase gaseosa y la condensación en sentido contrario desde la fase gaseosa hacia el líquido, estos dos procesos alcanzan un estado de equilibrio físico que se simboliza con la doble flecha (dos flechas iguales y en sentido contrario) “ \rightleftharpoons ” que indica su reversibilidad. Se hace énfasis en que el equilibrio debe nombrarse con los dos procesos antagónicos que ocurren p.e. equilibrio de vaporización-condensación.

Actividad 5. ¿Cómo podríamos saber si en la disolución de una sal como el nitrato amónico se ha llegado al equilibrio?

Profesor**Comentario A.5.**

Podemos obtener respuestas como por ejemplo, ‘no se disuelve más’, o hacer un seguimiento de la temperatura y ver cómo se enfría la solución hasta un mínimo cuando se ha llegado a la saturación, si el sistema está aislado térmicamente. A partir de este momento la concentración de la solución no varía en función del tiempo, estableciéndose un equilibrio entre el sólido (sal) que permanece sin disolver y los iones en solución.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Antes de iniciar el trabajo en los subgrupos se hace un conversatorio con todo el grupo para hacer una puesta en común sobre las ideas previas y para verificar la comprensión de la intencionalidad del ejercicio.

B. Actividades de desarrollo

Antes de comenzar la actividad aparece la necesidad de poner en común las ideas previas de los estudiantes sobre el concepto de solubilidad de una sal y el estado de equilibrio entre la sal sólida y la solución saturada de sus iones hidratados.

En la puesta en común de las opiniones de los grupos se llega a la conclusión de que la sal tiene una solubilidad determinada y que a partir de este punto no se puede disolver más sal, se ha saturado la solución y cualquier pequeño exceso de sal que se agregue, se separa y permanece en estado sólido, estableciéndose un estado de equilibrio entre la sal sólida y la solución saturada.

Buscando otro argumento, desde el punto de vista del cambio de temperatura, se informa a los estudiantes que el proceso de disolución del nitrato de amonio en agua es endotérmico. Los estudiantes comienzan a emitir opiniones como p. e. que si al disolverse la sal se consume calor entonces la solución se enfría, que si la disolución no se enfría entonces no hay disolución de la sal, que entre más sal se disuelva baja más la temperatura de la solución y finalmente llegan a la conclusión que cuando la temperatura deje de bajar, es decir se estabilice, es porque se ha saturado la solución y se ha llegado al estado de equilibrio.

4.2.2.3.3 ¿Por qué habiendo reaccionantes en un sistema químico en equilibrio no siguen reaccionando?

Este apartado tiene por objeto plantear algunas actividades para introducir el carácter dinámico del equilibrio o, más académicamente, el principio de reversibilidad microscópica (Mahan 1972) apoyándose en las siguientes ideas:

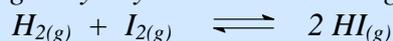
- el modelo elemental de reacción que se ha estudiado antes y que se basa en suponer la existencia de colisiones eficaces entre partículas bien sean de los reaccionantes (proceso hacia la derecha) o de los productos (proceso inverso según como esté escrito el esquema de reacción);
- la igualación de las 'fuerzas impulsoras' de los dos procesos antagónicos (de ahí que se hable de 'equilibrio' que recuerda lo que sucede en mecánica cuando un sistema se halla sometido a dos fuerzas iguales y de sentido contrario) lo que supone admitir que también se igualan las velocidades de reacción.

En el caso de que no se haya estudiado cinética química, o que como prerrequisito no se tenga el suficiente conocimiento, convendrá introducir qué es la velocidad de reacción y de qué factores depende (fundamentalmente se hipotetizará, según el mismo modelo, que la velocidad va a depender de las concentraciones de los reactivos y de su temperatura. Se

debe llegar a cuantificar solamente la relación velocidad-concentración de reaccionantes).

En resumen, en este apartado se deben establecer las relaciones macro-micro de manera que aunque macroscópicamente no hay avance neto en la transformación de sustancias no significa que en el sistema no siga habiendo choques de partículas y reacción directa e inversa simultáneamente.

Actividad 6. *El hidrógeno y el yodo reaccionan según el esquema de reacción*



- Explica, con base en el modelo de colisiones, cómo se produce la reacción directa y la reacción inversa*
- Teniendo en cuenta la información anterior explica, basándose en el modelo aplicado, qué sucede si en un recipiente se coloca yodo, hidrógeno y yoduro de hidrógeno a una temperatura constante*
- Dibuja el cambio de las concentraciones de las sustancias en función del tiempo considerando que en determinadas condiciones de temperatura y presión, se inicia la reacción con 6 moles de H_2 y 7 moles de I_2 y se alcanza el estado de equilibrio cuando han reaccionado 5 moles de H_2*
- Explica el significado de la doble flecha que aparece en la representación de la reacción.*

Profesor

Comentario A.6.

Se trata de que los alumnos interpreten la reversibilidad microscópica considerando que a nivel molecular y a temperatura constante la reacción directa e inversa ocurren simultáneamente y a la misma velocidad. Con el literal © se pretende que los alumnos manejen correctamente la estequiometría de la reacción, que perciban que así como las concentraciones de los reactivos van disminuyendo las de los productos van aumentando hasta que su variación respecto al tiempo se hace constante cuando se alcanza el estado de equilibrio. En el estado de equilibrio macroscópicamente no hay avance neto de la reacción pero microscópicamente están ocurriendo los choques entre partículas y las reacciones directa e inversa simultáneas, lo cual le da al equilibrio su *carácter dinámico*.

Por tanto el equilibrio, a nivel macroscópico, se alcanza cuando las cantidades de las sustancias participantes permanecen constantes, siempre que no se modifiquen las condiciones; pero a nivel microscópico el modelo de reacción, basado en las colisiones entre partículas, señala que siempre que se encuentren partículas presentes colisionarán y por tanto seguirán existiendo reacciones por esa razón, se dice que el equilibrio químico es un **equilibrio dinámico**.

También es importante insistir que la doble flecha significa la existencia de dos procesos

posibles antagónicos.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Antes del comentario del profesor y después de planteada la pregunta los estudiantes tienen un espacio para intentar dar respuesta, según lo que logran comprender. Con estas respuestas se les pide atender a las explicaciones del profesor para preguntar y aclarar las dudas al respecto.

B. Actividades de desarrollo

a) Los estudiantes, distribuidos en grupos, con base en el modelo de colisiones entre las partículas (en este caso entre las moléculas de H_2 e I_2 y entre las de HI) explican cómo ocurren las reacciones directa e inversa; el profesor está atento a la mediación entre los estudiantes y los conceptos sobre energía cinética y frecuencia de las colisiones efectivas que inciden en la velocidad de las reacciones.

b) Con la fundamentación anterior los estudiantes al considerar la mezcla de yodo, hidrógeno y yoduro de hidrógeno en un recipiente a temperatura constante, concluyen que a nivel molecular ocurre tanto la reacción directa como la reacción inversa, en forma simultánea y con la misma velocidad, consideraciones que permiten a los alumnos interpretar la reversibilidad microscópica de la reacción.

c) Se hace una puesta en común de algunos prerequisites básicos de estequiometría, tales como los conceptos de balanceo de la ecuación, cantidad de sustancia, reacción incompleta y eficiencia de la reacción.

Los estudiantes analizan y dibujan el cambio de las concentraciones, $[n/V]$, de las sustancias en función del tiempo en determinadas condiciones de temperatura y presión.

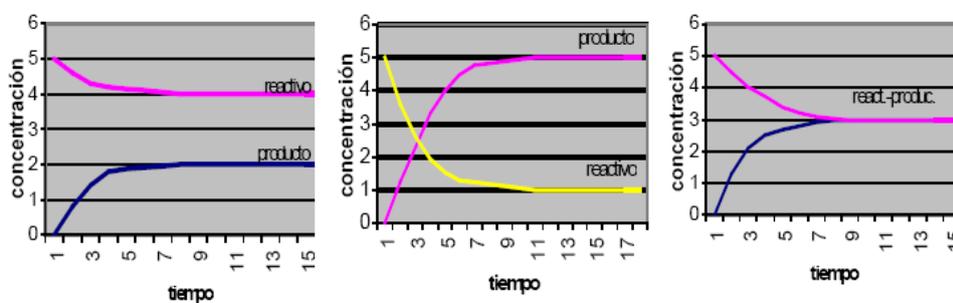
Sobre la representación gráfica de la reacción los estudiantes explican el progreso de la reacción hasta el tiempo en el cual la reacción llega al estado de equilibrio, a partir de este momento la reacción a nivel macroscópico “se detiene”, no ocurre avance neto, porque las concentraciones de todas las sustancias permanecen constantes a lo largo del tiempo. Pero a nivel microscópico continúa ocurriendo reacción en ambos sentidos con la misma velocidad porque las partículas (moléculas) siguen colisionando entre sí imprimiéndole al estado de equilibrio su carácter dinámico.

d) Con base en las consideraciones anteriores los estudiantes interpretan el simbolismo de la doble flecha que significa la existencia de los dos procesos antagónicos.

4.2.2.3.4 La Ley del equilibrio químico

Conviene aprovechar este apartado no sólo para definir qué es un estado o situación de equilibrio, sino también presentar una actividad para introducir la idea de *extensión* en un proceso químico que ha llegado a una situación de equilibrio.

Actividad 7. En las gráficas siguientes se presentan los resultados del seguimiento de tres procesos químicos del tipo $aA \rightleftharpoons bB$ mediante calefacción. En cada una de estas representaciones figura cómo varían las concentraciones del reactivo y del producto. Interpretar cuando podemos decir que los sistemas han alcanzado el equilibrio y comparar en cuál de los ejemplos podríamos decir que ha habido una mayor extensión del proceso.



Profesor

Comentario A.7.

En cada una de estas representaciones figura cómo varían las concentraciones del reactivo y del producto. Interpretar cuando podemos decir que los sistemas han alcanzado el equilibrio y comparar en cuál de los ejemplos podríamos decir que ha habido una mayor extensión del proceso.

La idea cualitativa de extensión se puede asociar a la presencia relativa de productos a reactivos en el equilibrio y puede cuantificarse en estos casos concretos como el cociente de concentraciones de producto y reactivo en las condiciones de equilibrio. No ha de confundirse con el de conversión de reactivos en productos que se manejó en estequiometría. Esta idea se generalizará y cuantificará cuando se trate la ley del equilibrio más adelante. De acuerdo con ello, se concluye que el primer ejemplo es el de menor extensión pues $[B]_e / [A]_e$ vale aproximadamente $\frac{1}{2}$, en el segundo $5/1$ y en el tercero vale 1.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Los estudiantes en forma individual observan las gráficas y manifiestan que el estado de equilibrio se alcanza a partir del tiempo en el cual las concentraciones tanto del reactivo como del producto se hacen constantes (criterio a nivel macroscópico).

B. Actividades de desarrollo

En cada grupo hacen una puesta en común sobre las respuestas individuales y se encuentra que en cuanto a la opinión sobre el ejemplo en el cual ha habido una mayor extensión del proceso, todos los estudiantes fundamentaron su argumentación en la conversión estequiométrica directa del reactivo A en el producto B. Se hizo necesaria la mediación del profesor para ubicar a los estudiantes frente a un proceso reversible constituido por la reacción directa y la reacción inversa simultáneas, proceso que puede darse igual bien a partir del reactivo o bien a partir del producto (A y B pueden ser indistintamente reactivo o producto) y por tanto el concepto de *extensión* del proceso debería tener en cuenta estas dos direcciones contrarias.

Con esta aclaración los estudiantes interpretan al reactivo A como el producto de la reacción inversa y construyen la idea cualitativa de extensión del proceso con base en una relación entre el producto B y el reactivo A (producto de la reacción inversa) que finalmente se concreta, en este caso, en el cociente de la concentración del producto B y la concentración del reactivo A, en el estado de equilibrio. De esta manera los estudiantes concluyen que en el segundo ejemplo de equilibrio es donde ha habido una mayor extensión del proceso: $[B]_e/[A]_e = 5/1$, mientras que en el primer ejemplo vale $1/2$ y en el tercero vale 1.

NOTA:

Ahora el objetivo será operativizar las ideas del apartado anterior y llegar a introducir la constante de equilibrio como magnitud que mide la *extensión* del proceso reversible tal como está escrito en el esquema de reacción. Por lo que se ha estudiado podemos decir que el equilibrio químico, a escala macroscópica, es estático (no se observa variación de las cantidades de las sustancias), mientras que, a escala microscópica, es dinámico (siguen existiendo reacciones). Por otra parte, otra de las características estudiadas ha sido que se alcanza la misma situación final independientemente de que se parta de reactivos o de productos (en realidad los términos reactivos y productos carecen de sentido ya que todas las sustancias son a la vez una y otra cosa).

Sin embargo continuamos sin saber cómo determinar las cantidades presentes en el equilibrio. En la actividad anterior se puso de manifiesto que la extensión en los equilibrios puede ser muy diferente; así, mientras en algunos casos la conversión de las sustancias puestas inicialmente a reaccionar es muy elevada, en otros la conversión es mínima, predominando mayoritariamente las sustancias puestas a reaccionar.

Actividad 8. Si mantenemos la temperatura constante, la velocidad depende de la concentración. Partiendo de la base de que en el equilibrio las velocidades de la reacción directa e inversa deben ser iguales, los noruegos Guldberg (matemático) y Waage (químico) en 1864 encontraron que en el equilibrio existía siempre una relación entre las concentraciones de las especies presentes. Esta relación para una reacción, en general:

$aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightleftharpoons cC_{(g)} + dD_{(g)}$, puede representarse de la forma

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Deducir esta expresión de la constante de equilibrio a partir de las ecuaciones de velocidad.

Profesor

Comentario A.8.

Deducimos la constante de equilibrio a partir del modelo cinético por considerar que una deducción termodinámica está fuera de los objetivos de un curso de química general.

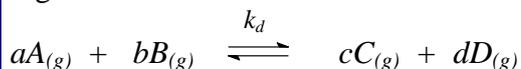
La expresión de la constante de equilibrio se conoce como ley de equilibrio y permite conocer el **grado de extensión** en que se produce el proceso directo frente al proceso inverso; es decir, la relación entre las concentraciones de las sustancias que actúan inicialmente como producto y las que actúan como reactivos atendiendo a la forma en que se escribe la reacción. La extensión del proceso directo en el equilibrio vendría medida por el numerador de aquella expresión y la del inverso por el denominador.

Es conveniente resaltar que la constante de equilibrio es específica para cada reacción y cada temperatura. Se puede pedir a los alumnos que deduzcan qué ocurre con K_c cuando la ecuación química se multiplica por un factor, se invierte o se suma con otra ecuación.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Aunque los estudiantes acaban de estudiar el tema de velocidad de reacción, presentan dificultades sobre la comprensión de los factores que la afectan. Por esto se hace con los estudiantes una puesta en común de los conceptos ya estudiados sobre cinética de reacciones en una sola etapa para aplicarlos a la reacción reversible general que tiene lugar en ambas direcciones directa e inversa:



y se pide a los estudiantes deducir la expresión de la constante de equilibrio, K_c , con base en las ecuaciones de velocidad directa e inversa, la condición de equilibrio (igualación de estas dos velocidades) y el concepto de extensión del proceso estudiado en la actividad

anterior (cociente de las concentraciones de productos y reactivos en las condiciones de equilibrio).

B. Actividades de desarrollo

Los estudiantes proceden a escribir las ecuaciones de velocidad tanto para la reacción directa como para la reacción inversa:

$$v_d = k_d [A]^a [B]^b$$

$$v_i = k_i [C]^c [D]^d$$

donde k_d y k_i son las constantes específicas de velocidad.

En el estado de equilibrio a nivel macroscópico no se observan cambios, pero a nivel microscópico están ocurriendo las colisiones efectivas entre las partículas reaccionantes en sentido directo e inverso a igual velocidad, $v_d = v_i$:

$$k_d [A]^a [B]^b = k_i [C]^c [D]^d$$

$$\frac{k_d}{k_i} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

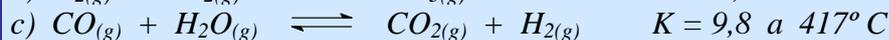
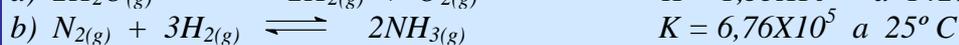
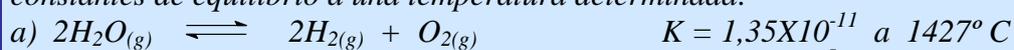
Como k_d y k_i son constantes para cada reacción y cada temperatura, su relación también es una constante, K_c , llamada constante de equilibrio que depende igualmente de cada reacción, de la forma como se represente dicha reacción y de la temperatura: $k_d/k_i = K_c$

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Finalmente se pide a los estudiantes escribir la expresión de la constante de equilibrio a una temperatura determinada, a) para la reacción $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightleftharpoons H_2O(g)$; b) para esta misma reacción multiplicada por un factor de 2; c) para el inverso de esta reacción.

Los estudiantes escriben las expresiones de la constante de equilibrio para cada una de estas reacciones y las comparan entre sí, encontrando que K_c en (b) es el cuadrado de K_c en (a) y K_c en (c) es el valor inverso de K_c en (a). Con esto comprueban que la constante de equilibrio aún siendo para la misma reacción depende de la forma como se represente dicha reacción.

Actividad 9. A continuación se indican algunos procesos en equilibrio con sus respectivas constantes de equilibrio a una temperatura determinada:



Escribir la ley del equilibrio químico para cada una de estas reacciones y explicar la información que proporcionan los valores de las constantes respecto al estado de equilibrio en cada caso.

Profesor

Comentario A9.

Es importante precisar que la constante de equilibrio no es función de las concentraciones de las sustancias en el estado de equilibrio, puesto que es una constante como su nombre

lo dice. Es decir, para una misma reacción y una misma temperatura puede haber diferentes concentraciones de las sustancias en equilibrio y K conserva su valor constante. El valor de la constante de equilibrio obtenida a partir de las concentraciones, se utiliza tanto en las reacciones que tienen lugar en soluciones líquidas como en las que se realizan entre sustancias en estado gaseoso. En estas últimas la constante de equilibrio se puede determinar utilizando las presiones parciales (en lugar de las concentraciones) de las sustancias en el equilibrio y se representa por K_p .

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

En forma individual los estudiantes interpretan la pregunta e intentan elaborar algunas respuestas para contrastarlas con las de sus compañeros.

B. Actividades de desarrollo

a) Los estudiantes, distribuidos en grupos, con base en el modelo de colisiones entre las partículas (en este caso entre las moléculas de H_2 e I_2 y entre las de HI) explican cómo ocurren las reacciones directa e inversa; el profesor está atento a la mediación entre los estudiantes y los conceptos sobre energía cinética y frecuencia de las colisiones efectivas que inciden en la velocidad de las reacciones.

b) Con la fundamentación anterior los estudiantes al considerar la mezcla de yodo, hidrógeno y yoduro de hidrógeno en un recipiente a temperatura constante, concluyen que a nivel molecular ocurre tanto la reacción directa como la reacción inversa, en forma simultánea y con la misma velocidad, consideraciones que permiten a los alumnos interpretar la reversibilidad microscópica de la reacción.

c) Se hace una puesta en común de algunos prerrequisitos básicos de estequiometría, tales como los conceptos de balanceo de la ecuación, cantidad de sustancia, reacción incompleta y eficiencia de la reacción.

Los estudiantes analizan y dibujan el cambio de las concentraciones, $[n/V]$, de las sustancias en función del tiempo en determinadas condiciones de temperatura y presión.

Sobre la representación gráfica de la reacción los estudiantes explican el progreso de la reacción hasta el tiempo en el cual la reacción llega al estado de equilibrio, a partir de este momento la reacción a nivel macroscópico “se detiene”, no ocurre avance neto, porque las concentraciones de todas las sustancias permanecen constantes a lo largo del tiempo. Pero a nivel microscópico continúa ocurriendo reacción en ambos sentidos con la misma velocidad porque las partículas (moléculas) siguen colisionando entre sí imprimiéndole al estado de equilibrio su carácter dinámico.

d) Con base en las consideraciones anteriores los estudiantes interpretan el simbolismo de la doble flecha que significa la existencia de los dos procesos antagónicos.

Actividad 10. a) *Expresar la ley del equilibrio químico con base en las presiones parciales de la reacción representada por la ecuación general: $aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightleftharpoons cC_{(g)} + dD_{(g)}$.*

b) *Con la ayuda de la ley de los gases ideales, cómo se puede deducir la relación entre K_p y K_c ?*

c) *A partir de la relación deducida en (b), indicar la relación entre K_p y K_c para el*

**Profesor****Comentario A 13.**

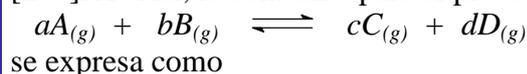
Las concentraciones de reactivos y productos en las reacciones de gases también se pueden expresar en términos de sus presiones parciales. A nivel macroscópico se considera que en el equilibrio las presiones parciales de los gases permanecen constantes igual que sus concentraciones y que a nivel microscópico continúan las partículas colisionando entre sí y reaccionando en sentido directo e inverso.

Estudiante**A. Actividades de iniciación**

En un conversatorio general se percibieron algunas dificultades en los estudiantes sobre comprensión del comportamiento de las mezclas de gases, por lo cual fue necesario dedicar algún tiempo a una mejor comprensión de los principios fundamentales de la ley de las presiones parciales de Dalton y la ecuación de los gases ideales, $PV = nRT$.

B. Actividades de desarrollo

a) De esta ecuación los estudiantes deducen que a una temperatura constante, la presión P de un gas está en relación directa con la concentración en mol/L del gas; es decir, $P = [n/V]RT$. Así, la constante para el proceso en equilibrio,



$$K_p = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b}$$

Donde P_A , P_B , P_C y P_D son las presiones parciales en equilibrio (en atm) de A, B, C y D respectivamente. El subíndice en K_p indica que las concentraciones en el equilibrio están expresadas en términos de presiones.

b) Con la mediación del profesor los estudiantes reemplazan en la ecuación anterior las presiones parciales de cada gas deducidas a partir de la ecuación de los gases ideales:

$$P_A = [A]RT, P_B = [B]RT, \dots\dots$$

$$K_p = \frac{([C]RT)^c ([D]RT)^d}{([A]RT)^a ([B]RT)^b} = \frac{[C]^c [D]^d (RT)^{(c+d)}}{[A]^a [B]^b (RT)^{(a+b)}}$$

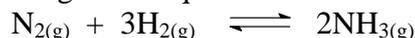
$$K_p = K_c (RT)^{((c+d)-(a+b))}, \quad ((c+d) - (a+b)) = \Delta n$$

Donde Δn = moles de productos gaseosos – moles de reactivos gaseosos

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

En general K_p es diferente de K_c , excepto en el caso especial en el que $\Delta n = 0$.

c) Para el siguiente equilibrio



los estudiantes aplican la ecuación anterior

$$K_p = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} (RT)^{-2}$$

donde $\Delta n = 2 - 4 = -2$ y finalmente

$$K_p = K_c (RT)^{-2}.$$

4.2.2.3.5 ¿Qué información nos proporciona la constante de equilibrio?

El conocimiento del valor de K además de proporcionarnos el grado de extensión de la reacción, puede indicarnos el sentido de evolución de un sistema químico cualquiera, si conocemos cuál es la composición inicial del sistema químico, por tanto, responde a la pregunta inicial de por qué ocurren las reacciones entre sustancias o por qué no cambia el sistema. Para ello se puede introducir el cociente de reacción, Q, para comparar con K.

Actividad 11. La constante de equilibrio a determinada temperatura para la reacción de síntesis del pentacloruro de fósforo: $PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$ vale 20. Indicad en cada uno de los siguientes casos si la mezcla está en equilibrio y si no, en qué sentido evoluciona?

- $[PCl_3] = 0,5$ moles/litro; $[Cl_2] = 0,2$ moles /litro y $[PCl_5] = 1,0$ moles/litro;
- $[PCl_3] = 0,08$ moles/litro; $[Cl_2] = 0,5$ moles /litro y $[PCl_5] = 0,8$ moles/litro;
- $[PCl_3] = 0,05$ moles/litro; $[Cl_2] = 0,4$ moles /litro y $[PCl_5] = 0,6$ moles/litro.

Profesor

Comentario A 11.

El cociente de reacción, Q, corresponde a la misma expresión de la constante de equilibrio pero con las concentraciones de las sustancias en cualquier momento de la reacción. Así que solo en el estado de equilibrio Q será igual a K, de lo contrario Q indicará la dirección de evolución del sistema disminuyendo o aumentando hasta cuando se llegue al estado de equilibrio.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Se hace una puesta en común entre los grupos de estudiantes sobre la reversibilidad macroscópica de las reacciones químicas y su evolución hasta alcanzar un estado de equilibrio con relación a la variación del cociente de reacción hasta igualar el valor de Kc en el estado de equilibrio.

B. Actividades de desarrollo

Los estudiantes determinan el valor del cociente de reacción $Q = [PCl_5]/[PCl_3][Cl_2]$ en cada caso con el siguiente resultado:

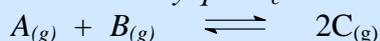
- $Q = 10$ (menor que Kc) : la reacción evoluciona hacia los productos.

- b) $Q = 20$ (igual a K_c): la reacción se encuentra en equilibrio.
 c) $Q = 30$ (mayor que K_c): la reacción evoluciona hacia el reactivo.

NOTA:

El valor de K también nos permite calcular la composición de equilibrio si conocemos la composición inicial del sistema (esto es, las concentraciones o presiones de las sustancias inicialmente mezcladas). Aquí se puede plantear la resolución de problemas de manera que los estudiantes puedan idear y aplicar algún algoritmo que permita solucionarlos.

Actividad 12. Imaginémonos que a $27^\circ C$ introducimos en un recipiente de 1 litro, n moles de A, n moles de B y n moles de C y que K_c vale 30 para el sistema en equilibrio:



Elaborar un diseño de resolución del problema y determinar el valor de las concentraciones de A, B y C en el equilibrio.

Profesor**Comentario A.12.**

Consideramos conveniente insistir que las concentraciones de las sustancias en el equilibrio dependen de las concentraciones iniciales de las sustancias pero que la constante de equilibrio solo depende de la temperatura y de cada reacción química (es decir de la naturaleza de las sustancias y de la forma como se representa la reacción química).

Estudiantes**A. Actividades de iniciación**

Al iniciar la actividad los estudiantes se formulan interrogantes tales como: qué elementos debe tener el diseño, qué principios se deben cumplir y cómo se hace el diseño.

En las respuestas a estos interrogantes se ponen en común elementos del diseño como: las cantidades de sustancias iniciales, el cambio de estas sustancias durante su evolución hacia el estado de equilibrio y finalmente las cantidades en el estado de equilibrio (solución del problema).

B. Actividades de desarrollo

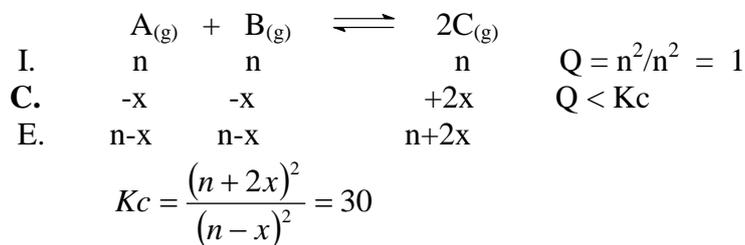
El diseño debe cumplir el principio del cambio de las cantidades de las sustancias (tanto de reactivos como de productos) de acuerdo a la estequiometría de la reacción y se debe hacer con base en las concentraciones de las sustancias, (moles/litro), que permita su relación con la constante de equilibrio en el estado de equilibrio.

El diseño se denomina ICE (Inicio, Cambio y Equilibrio) y es el seguimiento del progreso de la reacción hasta el estado de equilibrio.

Diseño:

Las cantidades iniciales de las sustancias en moles/litro serán $n/V = n$ (ya que $V = 1$) y a

partir de estas cantidades hay que averiguar en qué sentido evoluciona la reacción a partir del cociente de reacción:



de donde $x = 0,60n$ y entonces las concentraciones en el estado de equilibrio son:
 $[A] = 0,40n$ M, $[B] = 0,40n$ M, $[C] = 2,20n$ M.

4.2.2.3.6 El caso de los equilibrios heterogéneos

Los equilibrios químicos en los que todas las sustancias se encuentran en la misma fase se conocen como equilibrios homogéneos. Sin embargo, son muchos los equilibrios en los que participan sustancias que se encuentran en fases diferentes y se denominan equilibrios heterogéneos. La descomposición del carbonato de calcio o la disolución del cloruro de plata son dos ejemplos de este tipo de equilibrios.

En estos sistemas en equilibrio las densidades de las sustancias sólidas y líquidas puras se consideran constantes y en la misma forma las relaciones de cantidad de sustancia pura (moles) a su volumen, por esta razón dichas sustancias no figuran en la expresión de la constante de equilibrio.

Actividad 13. A 1000° La presión de CO_2 en equilibrio con CaO y $CaCO_3$ es $0,039$ atm.
 a) Determinar el valor de K_p para la reacción $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$ a esta temperatura; b) si se introduce $CaCO_3$ en un recipiente que contiene CO_2 a una presión de $0,5$ atm y a la misma temperatura ¿se produce reacción?; c) ¿cuál será la presión final?; d) y si a la misma temperatura la presión de CO_2 fuera de $0,01$ atm y se introdujera $CaCO_3$, se produciría reacción

Profesor

Comentario A.13.

Es un ejemplo donde el valor de la constante de equilibrio nos informa si las sustancias reaccionan frente a unas condiciones dadas. En el caso (b) no ocurre reacción porque a esas condiciones ($0,5$ atm) debiera producirse la reacción inversa lo cual tampoco ocurre

porque no hay CaO presente. En el caso (d) sí se descompone el carbonato de calcio hasta alcanzar la presión de equilibrio.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Se pide a los estudiantes que expliquen en forma escrita la situación planteada así como el procedimiento a seguir para responder a cada una de las preguntas con el fin de detectar sus ideas previas y su capacidad de reflexión.

C. Actividades de desarrollo

Se hace necesario aclarar algunas dudas generales sobre los equilibrios heterogéneos tales como la expresión de K_p , significado de masa y concentración, efecto de la presencia de sustancias líquidas y sólidas puras, que aunque no aparecen en la expresión de K_p sí reaccionan y posibilidad de que ocurra o no reacción frente a unas condiciones dadas.

Después de poner en común estas aclaraciones los grupos de estudiantes dan las siguientes respuestas:

- $K_p = P_{CO_2} = 0,039$
- No ocurre reacción. En estas condiciones $P_{CO_2} = 0,5$ atm, se debiera producir la reacción inversa, pero como no hay CaO presente el CO_2 no tiene con quien reaccionar.
- La presión final será 0,5 atm.
- Efectivamente se produce reacción (descomposición del $CaCO_3$) hasta cuando la presión total del CO_2 alcance el valor de equilibrio 0,039 atm.

4.2.2.3.7 Factores que pueden afectar al equilibrio químico

Como hemos podido comprobar la situación de equilibrio es muy diversa y mientras en algunos la transformación de los reactivos es casi total en otros es casi insignificante. Esto provoca un problema en aquellos casos en los que se pretenda obtener cantidades rentables de productos y la extensión del proceso es muy pequeña. Ahora bien, ya se ha señalado que los equilibrios químicos son dinámicos puesto que siempre se producen choques entre las partículas, por tanto sensibles a cambios o perturbaciones. Lógicamente la modificación de las condiciones puede favorecer los choques en uno u otro sentido y conseguir, por tanto, aumentar la rentabilidad del proceso.

Actividad 14. Indicar formas posibles de modificar la situación de equilibrio de una reacción química. Comprobar que tanto utilizando el significado de la constante de equilibrio como el carácter dinámico del equilibrio (basado en el modelo de colisiones) se alcanzan las mismas conclusiones.

Profesor**Comentario A.14.**

Las perturbaciones al sistema en equilibrio pueden ser la adición de disolvente, cambios de presión o de volumen, adición de un producto o un reactivo al sistema o cambios de temperatura, teniendo en cuenta siempre el control de las variables implicadas. Como respuesta a la perturbación el sistema adoptará un nuevo estado de equilibrio y regresará a su estado de equilibrio inicial si cesan dichas perturbaciones.

Estudiantes**A. Actividades de iniciación**

Se pide a los grupos de estudiantes tomar como ejemplo una reacción química en estado de equilibrio y precisar las condiciones que caracterizan este estado de equilibrio. Sobre este ejemplo proponer posibles cambios de los factores que alteran el estado de equilibrio y analizar los efectos producidos.

B. Actividades de desarrollo

En la puesta en común con la mediación del profesor, teniendo en cuenta por una parte la expresión de la constante de equilibrio y por la otra el carácter dinámico del equilibrio (cambios sobre v_d o v_i) se toma como ejemplo la reacción hipotética, $A + 2B \rightleftharpoons 2C$ y se analiza el efecto producido por las siguientes perturbaciones:

a) Adición de disolvente a temperatura constante

En el caso de que las sustancias se encuentren en solución, sus concentraciones disminuyen y se encuentra que el valor del cociente de reacción $Q = [C]^2/[A][B]^2$ se hace mayor que el valor de K , la reacción tiende a alcanzar un nuevo estado de equilibrio en el cual el valor de Q iguale al de K , para lo cual **la reacción se desplaza hacia la producción de A y de B.**

Desde el punto de vista del carácter dinámico del equilibrio la disminución de las concentraciones hace que el número de colisiones entre las moléculas de C disminuya menos que entre las moléculas de A y B, entonces la velocidad de la reacción inversa en este momento es mayor que la directa y la reacción tiene un **desplazamiento neto hacia la producción de A y B** hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio a la misma temperatura.

b) Aumento de la presión a temperatura constante

En el caso de que las sustancias se encuentren en estado gaseoso, el aumento de presión a T constante ocasiona una disminución del volumen del recipiente y por lo tanto un aumento de la concentración de las sustancias que conlleva momentáneamente a que el valor del cociente de reacción Q sea menor que el valor de K y **la reacción se desplace hacia la formación de C.**

Con base en el modelo de colisiones, al aumentar la presión disminuye el volumen y aumentan las concentraciones de las sustancias, esto hace que la frecuencia de los

choques entre las moléculas de A y B se haga mayor que entre las moléculas de C aumentando la velocidad de la reacción directa más que la velocidad de la reacción inversa, por lo tanto la reacción sufre **un desplazamiento neto hacia la formación de C**.

c) Adición de un poco del reactivo A a V y T constantes

Al aumentar la concentración de A, el cociente de reacción Q disminuye y **la reacción se desplaza hacia la formación de C**.

Por otra parte si tenemos en cuenta el modelo de colisiones, el aumento de la concentración de A aumenta la frecuencia de las colisiones entre las moléculas de A y B y por tanto aumenta la velocidad de la reacción directa haciendo que **la reacción se desplace hacia la formación de C**.

Consideramos importante resaltar que utilizando tanto la estrategia de explicación basada en el significado de K como la basada en el carácter dinámico del equilibrio (modelo de las colisiones), se obtienen los mismos resultados.

d) Cambios de temperatura

El análisis del efecto de los cambios de temperatura sobre el estado de equilibrio se puede hacer desde el punto de vista termodinámico, que escapa al nivel del presente curso, o también a partir del conocimiento de las constantes de equilibrio a dos temperaturas determinadas como lo veremos más adelante.

Cuando se modifica una de las condiciones del equilibrio se produce una perturbación en el sistema cuyo efecto se explica con un razonamiento a nivel microscópico basado en el modelo cinético de reacción y/o a nivel macroscópico con la definición operativa de K y su comparación con el cociente de reacción Q.

Actividad 15. El dióxido de carbono reacciona con carbono para producir monóxido de carbono de acuerdo con la siguiente reacción



K_c para esta reacción a $700^\circ C$ vale 0,05 y se sabe que en un recipiente de 2 litros que contiene 1 gramo de $C_{(s)}$ la concentración inicial del $CO_{2(g)}$ es 0,1M.

a) Calcular las concentraciones de las especies gaseosas cuando se establece el estado de equilibrio.

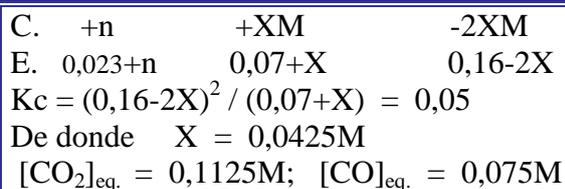
b) Una vez alcanzado el equilibrio anterior se agregan 0,2 moles de CO. Utilizar dos estrategias diferentes para explicar en qué sentido evoluciona el sistema.

c) Calcular las nuevas concentraciones de las sustancias gaseosas y los gramos de carbono presente cuando se restablezca nuevamente el equilibrio a la misma temperatura.

Profesor

Comentario A.15.

Se trata de que los alumnos interpreten la alteración del sistema en equilibrio cuando se



Los moles de C que se producen son iguales a los que se producen de $CO_2 = V_xXM = 2 \times 0,0425 = 0,085$ moles

Moles de C en el nuevo equilibrio $0,023 + 0,085 = 0,108$

Masa de C en gramos: $0,108$ moles $\times 12$ g/mol = $1,3$ g.

La temperatura es otro factor que modifica la situación de equilibrio ya que produce una variación en la velocidad de las partículas y consecuentemente una variación del número de choques, por ello cuando se cambia, el sistema evoluciona hasta alcanzar otro estado de equilibrio caracterizado por otro valor de K. Experimentalmente se encuentra que si una reacción es exotérmica, $\Delta H < 0$, su constante de equilibrio disminuye a medida que aumenta la temperatura. Por ejemplo en la reacción:



K_c a 273 K es igual a 57 y K_c a 298 K es igual a 6,9: se favorece la formación de NO_2 a partir de N_2O_4 .

En cambio para la reacción:



K_c a 2000 K es igual a $4,1 \times 10^{-4}$ y K_c a 2500 K es igual a 36×10^{-4} : se favorece la formación de NO a partir de N_2 y O_2 , es decir, el aumento de temperatura a un sistema en equilibrio favorece el desplazamiento del sistema en la dirección en que este absorbe calor.

Actividad 16. a) La siguiente reacción es una etapa intermedia en el proceso de obtención del ácido sulfúrico: $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$. Si el valor de K_p a 1100 K es $1,3 \times 10^{-1}$ y a 500 K es $2,5 \times 10^{10}$, indicar si este proceso es exotérmico o endotérmico.

Profesor

Comentario A.16.

El efecto de los cambios de temperatura a un sistema en equilibrio normalmente se responde con una relación directa causa-efecto. Consideramos que una presentación como la de esta actividad exige un mayor análisis al tener que comparar, para la misma reacción, diferentes valores de K a diferentes temperaturas.

Experimentalmente se encuentra que si se **aumenta** la temperatura a una reacción en equilibrio el valor de K aumenta, significa que el cociente de k_d/k_i (relación entre la velocidad de la reacción directa y la velocidad de la reacción inversa) aumenta, la velocidad neta de la reacción aumenta en sentido directo, se favorece la formación de los productos hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio (ocurre aumento de la extensión de la reacción y por tanto un aumento del valor de K) y entonces se trata de una reacción endotérmica. En cambio si experimentalmente se encuentra que al aumentar la

temperatura a una reacción en equilibrio el valor de K disminuye, significa que el cociente k_d/k_i disminuye, su relación inversa k_i/k_d aumenta, la velocidad neta de la reacción aumenta en sentido inverso, se favorece la formación de los reactivos hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio, en esta dirección la reacción es endotérmica y por lo tanto en sentido directo se trata de una reacción exotérmica. La otra alternativa es la del tratamiento termodinámico que como ya dijimos escapa a los alcances del presente curso.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Después de plantear la pregunta a los grupos de estudiantes generalmente se presenta la necesidad de precisar la denominación de reactivos y productos de los dos procesos que ocurren simultáneamente. Aunque tanto las sustancias que se escriben en la ecuación a la izquierda de la doble flecha como las que se escriben a la derecha son a la vez reactivos y productos, se toma por convención como reactivos las sustancias que se escriben a la izquierda y productos las que se escriben a la derecha de la doble flecha.

B. Actividades de desarrollo

Con esta convención los estudiantes analizan los valores de K_p a cada temperatura y encuentran que al **disminuir** la temperatura el valor de K_p aumenta, esto significa que aumenta la extensión de la reacción o sea que la disminución de la temperatura favorece la formación de los productos y por tanto se trata de una reacción **exotérmica**.

El principio de Le Chatelier

Hemos analizado cómo el cambio de la concentración, la presión o la temperatura influye en el número de colisiones eficaces de las moléculas modificando la velocidad de la reacción directa y la inversa y produciendo alteraciones en el estado de equilibrio de las reacciones químicas que hacen que el sistema evolucione hacia un nuevo estado de equilibrio. También hemos deducido el sentido de evolución del sistema químico apoyándonos en el cociente de reacción. En 1885, el químico francés Henry Louis Le Chatelier (1850-1936), formuló su principio que resume los efectos producidos sobre un sistema en equilibrio cuando se modifica una de las variables que intervienen en él. Este principio menciona que si se ejerce una acción externa sobre un sistema en equilibrio, el sistema evoluciona en el sentido de compensar parcialmente la acción ejercida.

El principio de Le Chatelier aunque es una herramienta importante para la comprensión cualitativa de cómo responde un sistema en equilibrio a las perturbaciones, se apoya en una relación causa-efecto y presenta algunas limitaciones por lo cual es preferible utilizar otras estrategias con mayor significado químico. Además en su aplicación a equilibrios heterogéneos se debe tener cuidado de no confundir la cantidad de una sustancia con su concentración.

Actividad 17. *El amoníaco, que se obtiene a partir de sus elementos por medio del*

proceso Haber-Bosch desde principios del siglo pasado, tiene una gran demanda industrial para la producción de fertilizantes, explosivos, polímeros, medicamentos y otros materiales. La reacción $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ $\Delta H = -92 \text{ KJ}$, que teóricamente debiera realizarse a baja temperatura, no se realiza por ser muy lenta, en cambio, se realiza a alta temperatura donde es muy rápida, aunque en estas condiciones la constante de equilibrio tenga un valor muy bajo.

a) *Qué otras acciones se pueden realizar sobre el sistema para obtener un mejor rendimiento en la obtención del amoníaco?*

b) *Cómo se podría lograr que el amoníaco no alcance su concentración de equilibrio y continuamente el sistema esté evolucionando hacia la producción de esta sustancia?*

Profesor

Comentario A.18.

Este es un caso en que se debe poner mucha atención en la aplicación del principio de Le Chatelier (si es que se aplica). En la pregunta (a) se puede aumentar la cantidad de uno de los reactivos a V y T constantes o aumentar la presión total sobre el sistema. En la pregunta (b) se puede ir eliminando el NH_3 del sistema gaseoso a medida que se vaya formando, puede ser disolviéndolo en agua en contacto con el sistema ya que este gas es mucho más soluble que los otros dos.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Se pide a los estudiantes que respondan la pregunta con base en la aplicación de alguna acción externa (alteración de alguna de las variables presión, volumen o cantidad de sustancia), sobre el sistema que logre que este evolucione hacia la formación de amoníaco.

B. Actividades de desarrollo

Aproximadamente la mitad de los estudiantes con el conocimiento de lo estudiado hasta ahora dirigen sus argumentaciones hacia el aumento de la velocidad de la reacción directa (aumento de las colisiones efectivas entre las moléculas de los reactivos), algunos pocos buscan apoyar su argumentación en la disminución momentánea del valor del cociente de reacción y los otros sí toman directamente la aplicación del principio de Le Chatelier que se acaba de presentar. Las respuestas para la pregunta (a) se concretan en 1) agregar exceso de N_2 o de H_2 a V y T constantes y 2) aumentar la presión total sobre el sistema a T constante (disminución del volumen), con lo cual se logra que el sistema se desplace hacia la formación de amoníaco, se compense parcialmente la acción ejercida y se llegue a un nuevo estado de equilibrio.

En cuanto a la pregunta (b) por su alto grado de dificultad para los estudiantes de este nivel, invertimos la pregunta e hicimos el análisis colectivo sobre qué pasaría con la concentración del amoníaco si la mezcla de reacción se pone en contacto con agua, teniendo en cuenta que el amoníaco es mucho más soluble en agua que los otros dos gases?

Los estudiantes entendieron el fenómeno y comprendieron que el amoníaco no alcanzará

la concentración de equilibrio porque se va disolviendo en agua y la reacción continuará evolucionando hacia la producción de más amoníaco.

Actividad 19. Se tiene en un recipiente de cierto volumen y a una determinada temperatura el siguiente sistema en equilibrio:



Predecir cuál será el efecto de los siguientes cambios sobre la presión parcial del CH_4 :

a) agregamos H_2 a V y T constantes; b) agregamos CH_4 a P y T constantes; c) aumentamos la presión total a temperatura constante; d) disminuimos la temperatura a presión constante; e) eliminamos una pequeña cantidad de $C_{(s)}$; f) aumentamos el volumen del recipiente a temperatura constante; g) agregamos helio a volumen y temperatura constantes.

Profesor

Comentario A.19.

Se trata de aplicar las diferentes estrategias de argumentación sobre la evolución de un sistema en equilibrio cuando se realiza un cambio sobre las variables que lo determinan. Se debe observar que con cualquier argumentación el resultado debe ser el mismo y se dará más importancia a las explicaciones desde el modelo elemental de reacción.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Los grupos analizan y resuelven la actividad aplicando las diferentes estrategias de argumentación en cada caso.

B. Actividades de desarrollo

En la puesta en común se encontraron opiniones divergentes y se plantearon preguntas en algunos casos:

En (b) se preguntó, si agregamos CH_4 a P y T constantes, el volumen aumenta proporcionalmente y su concentración no cambia, cómo es posible que se altere el equilibrio? Se aclaró que el volumen aumenta para todas las sustancias gaseosas, baja la concentración de H_2 y la probabilidad de las colisiones efectivas entre sus moléculas disminuye, por lo tanto la velocidad de la reacción directa se hace menor y la reacción se desplaza hacia los reactivos haciendo que la presión parcial de CH_4 disminuya.

En (d) los estudiantes al no tener valores de K y de T para el análisis de esta reacción, limitaron su explicación solo a la relación causa-efecto del principio de Le Chatelier según el cual al disminuir la temperatura el sistema evoluciona en el sentido que se favorezca la reacción exotérmica.

En (e) hubo necesidad de recordar a los estudiantes que por una parte el helio es un gas inerte y por otra parte que aunque la presión total aumenta, cada gas conserva su presión parcial y por tanto su concentración y por esta razón no ocurre ningún cambio.

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los resultados de esta actividad:

Estrategia de argumentación			Resultado
Choques efectivos entre los reactivos	Cociente de reacción	Evolución según el P. de L. Chatelier	Presión parcial del CH ₄
a) Aumenta	$Q < K$	Hacia los productos	Aumenta
b) Disminuye	$Q > K$	Hacia los reactivos	Disminuye
c) Aumenta	$Q < K$	Hacia los productos	Aumenta
d)		Hacia los productos	Aumenta
e) No cambian	No cambia	No procede	No lo afecta
f) Disminuye	$Q > K$	Hacia los reactivos	Disminuye
g) No cambian	No cambia	No procede	No lo afecta

4.2.2.3.8 Aplicaciones de la ley del equilibrio químico

La ley del equilibrio químico es uno de los conceptos de química más importantes y útiles por sus aplicaciones cualitativas y cuantitativas en sistemas de equilibrio tanto homogéneo como heterogéneo. Cualitativamente nos permite saber si en determinadas condiciones ocurre o no reacción entre dos sustancias, y en caso dado, la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa a una temperatura determinada. Cuantitativamente nos permite conocer la condición necesaria para que se alcance el estado de equilibrio, las cantidades de sustancias iniciales o las que están presentes en el equilibrio (o las presiones de los gases) o inversamente conocer el valor de la constante de equilibrio a partir de las concentraciones o las presiones.

En el tratamiento de los gases, las presiones son datos más utilizados que las concentraciones. Recordando la ley de los gases $PV = nRT$, así como los conceptos de presión parcial y su relación con la presión total y la fracción molar, se pueden resolver ejercicios en la misma forma que se hace con las concentraciones.

Actividad 18. El fosgeno, COCl_2 , se descompone a elevadas temperaturas según la ecuación



Se introducen 0,631 g de COCl_2 en un recipiente de 472 mL a 1000 K. Cuando se establece el equilibrio se observa que la presión total del recipiente es 2,175 atm. Calcular: a) Las constantes de equilibrio K_p y K_c . b) Las fracciones molares, el porcentaje en moles y las presiones parciales de cada gas en el equilibrio. c) El porcentaje de descomposición del COCl_2 en estas condiciones.

Profesor

Comentario A.18.

Además del desarrollo del ejercicio hasta alcanzar el estado de equilibrio, resulta también interesante repasar el comportamiento de los gases cuando están mezclados y resaltar conceptos tales como la relación de las presiones parciales que es igual a la relación de moles y el porcentaje de descomposición o porcentaje de disociación de un reactivo.

Estudiantes**A. Actividades de iniciación**

Se hace una puesta en común sobre los conceptos básicos necesarios para la comprensión del ejercicio

B. Actividades de desarrollo

La presente actividad se trata de un ejercicio numérico típico de aplicación de la ley del equilibrio químico con base en presiones. Se deja de tarea a los estudiantes para que lo resuelvan y si hay dudas aclararlas en la siguiente clase.

- a) $K_p = 25,21$, $K_c = 0,307$
b) $X_{\text{COCl}_2} = 0,021$, $X_{\text{CO}} = X_{\text{Cl}_2} = 0,49$
% moles $\text{COCl}_2 = 2,1$, % moles $\text{CO} = \text{Cl}_2 = 49$
 $P_{\text{COCl}_2 \text{ eq.}} = 0,045 \text{ atm}$, $P_{\text{CO eq.}} = P_{\text{Cl}_2 \text{ eq.}} = 1,065 \text{ atm}$
c) Porcentaje de descomposición del $\text{COCl}_2 = 95,9\%$.

Actividad 19. Para la reacción $2\text{HI}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)}$ la constante de equilibrio a 800 K vale 0,016. Calcular las concentraciones de todas las especies en el equilibrio en un recipiente de 5,0 litros partiendo de: a) 1 mol de HI; b) 0,5 moles de hidrógeno y 0,5 moles de yodo; c) comentar los resultados obtenidos en los dos apartados anteriores.

Profesor**Comentario A.19.**

La presente actividad pretende que los alumnos comprueben que se llega exactamente a la misma situación de equilibrio, mismas concentraciones, partiendo de las cantidades estequiométricas de los reactivos o de los productos, confirmándose que en estos procesos reversibles las sustancias pueden ser indistintamente reactivos o productos.

Estudiantes**A. Actividades de iniciación**

Los estudiantes primero realizan una puesta en común para ver cómo ha interpretado cada uno la pregunta y explicar a los que muestran una confusión generalizada.

B. Actividades de desarrollo

Los estudiantes desarrollan la presente actividad y efectivamente comprueban que se llega a la misma situación de equilibrio:



bien sea partiendo de los reactivos o bien partiendo de los productos (con cantidades que guarden la relación estequiométrica).

Además entre sus comentarios mencionan que:

- se comprueba el carácter reversible de la reacción
- por la misma reversibilidad de la reacción las sustancias pueden considerarse como reactivos o productos (aunque por convención a las sustancias que están a la izquierda de la doble flecha se les llame reactivos y a las que están a la derecha se les llame productos)
- por esta misma razón si el sistema evoluciona en sentido inverso no es necesario cambiar el planteamiento de la ecuación química.

4.2.2.3.9 Actividades de síntesis y recapitulación del estudio realizado

Actividad 20. *Explica, ¿por qué sustancias que habitualmente reaccionan al cambiar las condiciones, estas mismas sustancias no reaccionan?*

Profesor

Comentario A.20.

Así como en la naturaleza todo tiende hacia un estado de equilibrio, las reacciones químicas no son una excepción. Cuando ponemos en contacto las sustancias muchas de ellas tienden a reaccionar, bien espontáneamente o bien en condiciones predeterminadas, unas lo hacen en forma reversible otras no.

En aquellas reacciones que ocurren reversiblemente los reactivos interactúan para formar los productos y estos a su vez reaccionan para dar lugar a la formación de los reactivos. Se produce así un proceso de interconversión de sustancias en dos sentidos contrarios, procesos antagónicos, la velocidad de la reacción en sentido directo va disminuyendo y a la vez que se van formando los productos la velocidad de la reacción en sentido inverso va aumentando hasta llegar un momento en el cual las dos velocidades (la de la reacción directa y la de la reacción inversa) se igualan estableciéndose una situación de equilibrio entre todas las sustancias (todas reaccionan) que se manifiesta a nivel macroscópico por una composición constante de la mezcla en equilibrio a una temperatura constante.

Entonces podemos decir que estas sustancias en las condiciones en que se encontraban reaccionaron porque no estaban en estado de equilibrio. Ahora que están las sustancias en

estado de equilibrio y observamos que no hay cambios en la composición de la mezcla, concluimos a este nivel de observación que no hay reacción entre las sustancias, es decir que las sustancias no reaccionan porque están en estado de equilibrio.

Este comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio, donde no se observan cambios, se explica con base en la naturaleza corpuscular y cinética de la materia y la reversibilidad microscópica del sistema en equilibrio. A nivel microscópico las partículas de las sustancias están chocando entre sí y reaccionando a igual velocidad tanto en sentido directo como en sentido inverso de la reacción dando lugar a una situación de equilibrio dinámico entre las sustancias y por lo tanto sus concentraciones se mantienen constantes a lo largo del tiempo (siempre y cuando no se cambien las condiciones de equilibrio).

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

Los estudiantes propusieron unas normas para realizar la lluvia de ideas en forma ordenada y sin desviarse del tema.

B. Actividades de desarrollo

Para la presente actividad se propuso a los estudiantes reflexionar sobre las posibles respuestas para efectuar una lluvia de ideas que condujera a la solución. Entre estas ideas se encontraron las siguientes:

- ◆ No existen verdades absolutas sobre la reactividad de las sustancias
- ◆ Todo es relativo de acuerdo a las condiciones y al contexto
- ◆ Hay reacciones que ocurren en forma completa y otras que son reversibles
- ◆ Las sustancias pueden participar en la reacción como reactivos o como productos
- ◆ Las sustancias cuando reaccionan tienden a desaparecer pero en sentido inverso tienden a producirse.
- ◆ Cuando ocurre una reacción y llega un momento en el cual no se observan cambios, es porque la reacción ha alcanzado un estado de equilibrio.
- ◆ Si las sustancias están en un estado de equilibrio y no se realiza ningún cambio en las condiciones, las sustancias no reaccionan.
- ◆ Si las sustancias están en un estado de equilibrio y se realiza algún cambio en las condiciones de equilibrio, las sustancias reaccionan.
- ◆ Si las sustancias reaccionan y al llegar a unas determinadas condiciones ya no reaccionan es porque han alcanzado un estado de equilibrio.
- ◆ Cuando las sustancias reaccionan se observan cambios a nivel macroscópico.

- ◆ Según las condiciones de la reacción las sustancias reaccionan o no reaccionan.
- ◆ Cuando ocurre una reacción reversible las sustancias reaccionan hasta llegar a las condiciones de equilibrio. Estas condiciones son diferentes a las condiciones con las cuales comenzó la reacción.
- ◆ Si se cambian las condiciones de equilibrio, las sustancias reaccionan (evoluciona el sistema) hasta alcanzar unas nuevas condiciones de equilibrio.
- ◆ Al mismo tiempo que los productos se van formando, van reaccionando entre sí en dirección contraria hasta llegar a las mismas condiciones de equilibrio de la reacción directa por tratarse de un proceso reversible.
- ◆ En el estado de equilibrio macroscópicamente no se observan cambios pero a nivel microscópico están las moléculas chocando entre sí y reaccionando tanto en sentido de la reacción directa como en sentido de la reacción inversa con igual velocidad, dando al estado de equilibrio un carácter dinámico.

A partir de estos argumentos los estudiantes llegaron a la siguiente conclusión:

Las sustancias reaccionan cuando están en condiciones que no son las de un estado de equilibrio y cuando estas mismas sustancias alcanzan las condiciones de un estado de equilibrio ya no reaccionan. Es decir, las sustancias reaccionan porque no están en equilibrio y cuando las sustancias no reaccionan es porque están en equilibrio.

Actividad 21. Diseña un mapa conceptual en el cual figuren los aspectos que consideres más relevantes de un sistema en equilibrio químico

Profesor

Como recapitulación del estudio realizado comenzamos por considerar los cambios que suceden reversiblemente, si una reacción química tiene lugar también puede ocurrir la reacción en sentido inverso, si se dan las condiciones apropiadas. Así, una reacción química que tiene lugar en un sistema aislado (esto es, sin intercambio de materia o energía con el exterior), avanza disminuyendo su velocidad al tiempo que se inicia la interacción química de los productos, aumentando su velocidad en sentido contrario. Al final se igualan las dos velocidades (directa e inversa) y se produce una situación de equilibrio químico.

Dado que la mayoría de las reacciones que progresan en condiciones de reversibilidad tienden hacia una situación de equilibrio, se ha considerado importante que los alumnos desde un comienzo vean el interés del estudio del equilibrio químico y además adquieran una concepción preliminar del problema estructurante que pretende resolver su estudio: ¿por qué ocurre un cambio químico?

Una primera aproximación al comportamiento de un sistema en equilibrio nos revela la

reversibilidad macroscópica, condición para que se produzca equilibrio, y la composición constante de la mezcla en equilibrio que se mantiene a una temperatura determinada, como primeras características de este sistema.

Para conocer qué tanto ha avanzado la reacción (proceso reversible) hasta llegar a la situación de equilibrio, se introduce el concepto de *extensión de la reacción* como la relación entre la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa en las condiciones de equilibrio.

Pero, ¿porqué no hay reacción si hay sustancias presentes? La respuesta a esta pregunta nos conduce a la interpretación microscópica de la situación de equilibrio para lo cual nos valemos del modelo elemental de reacción y de la igualación de las <fuerzas impulsoras> de los dos procesos antagónicos, lo cual supone admitir que también se igualan las velocidades de la reacción directa e inversa. Este carácter dinámico del equilibrio constituye otra de sus características.

El comportamiento macroscópico de los sistemas en equilibrio se explica con el principio de la reversibilidad microscópica que considera la existencia de los choques entre partículas y la reacción directa e inversa simultáneamente.

Introdujimos la constante de equilibrio como hipótesis operativa que nos permite predecir la evolución del sistema hacia la situación de equilibrio. Se considera que la constante de equilibrio es una medida de la *extensión* del proceso reversible, a una determinada temperatura, tal como se escribe el proceso en el esquema de reacción.

La constante de equilibrio nos informa cuando un sistema químico está en equilibrio, es decir, nos indica el sentido de evolución de un sistema químico determinado al comparar su valor con el del cociente de reacción Q . Por lo tanto, responde a la pregunta inicial de por qué ocurren las reacciones entre sustancias o por qué no cambia el sistema.

En los equilibrios heterogéneos la expresión de la constante de equilibrio solo incluye las concentraciones o las presiones de las sustancias gaseosas y/o de las sustancias que se encuentran en solución.

El estado de equilibrio se puede alterar modificando las condiciones que influyen en él (cambios de concentración, presión o volumen). El efecto de estos cambios sobre un sistema en equilibrio se puede explicar preferentemente con un razonamiento a nivel molecular basado en el modelo elemental de reacción o con una comparación cuantitativa entre el cociente de reacción Q y la constante de equilibrio. También se puede decidir el efecto de los cambios, incluido el cambio de temperatura, aplicando el principio de Le Chatelier.

La ley del equilibrio químico nos permite conocer las formas de razonar los alumnos cuando se aplica a cuestiones cualitativas donde se tengan que emplear diferentes estrategias como la interpretación cinética del equilibrio o el principio de Le Chatelier (razonamiento de menor significado químico). Las aplicaciones cuantitativas tratan sobre la extensión de la reacción y la determinación de las variables que intervienen en el

sistema de equilibrio.

NOTA:

Sobre los mapas conceptuales

Novak y Gowin (1988)242.

Novak, define los mapas conceptuales como una técnica que representa, simultáneamente, una estrategia de aprendizaje, un método para captar lo más significativo de un tema y un recurso esquemático para representar un conjunto de significados conceptuales, incluidos en una estructura de proposiciones. Los mapas conceptuales son una estrategia útil que permite potenciar los procesos de aprendizaje porque permite organizar los materiales objeto de aprendizaje posibilitando a los estudiantes participar en la construcción de significados, conceptos y conocimientos que garanticen la apropiación, asimilación y comprensión de los contenidos conceptuales. El uso de mapas conceptuales en el aprendizaje a partir de textos ayuda a los lectores a comprender mejor la organización de los conceptos y principios de una lección o de una secuencia de lecciones y sus interrelaciones entre sí. Este instrumento puede utilizarse para extraer y estructurar el significado de los textos expositivos y a explicitar la dependencia jerárquica entre conceptos y principios.

Los elementos básicos de los Mapas Conceptuales son los siguientes:

Los mapas conceptuales tienen por objeto representar relaciones significativas entre **conceptos** en forma de **proposiciones**. Una proposición consta de dos o más términos conceptuales unidos por **palabras de enlace** para formar una unidad semántica.

Los **conceptos**: También llamados nodos, hacen referencia a hechos, objetos, cualidades, etc., gramaticalmente los conceptos se pueden identificar como nombres, adjetivos y pronombres.

Las **palabras-enlace**: Son palabras que unen los conceptos y señalan los tipos de relación existente entre ellos (pueden ser preposiciones, verbos, adverbios, etc.).

Las **proposiciones**: Están constituidas por conceptos y palabras-enlace. Es la unidad semántica más pequeña que tiene valor de verdad.

Estudiantes

A. Actividades de iniciación

- Asistencia a la explicación del profesor sobre mapas conceptuales
- Estudio de los ejemplos
- Preguntas y respuestas

B. Actividades de desarrollo

- ◆ Elaboración del listado de conceptos y
- ◆ Ordenación jerárquica de los conceptos “de los generales e inclusivos a los menos generales y menos inclusivos. Las listas con el resultado de las ordenaciones pueden

diferir, pero deben darse cuenta que algunos conceptos son más importantes para seguir un argumento que otros” Novak y Gowin (1988)242.

(Resultante de las tareas de los grupos)

- Estado de equilibrio químico
- Proceso reversible
- Coexistencia de reactivos y productos
- Reacciones opuestas
- Sistema cerrado
- Situación de equilibrio
- Igualdad de fuerzas impulsoras
- Reversibilidad macroscópica
- Composición constante del sistema
- Reversibilidad microscópica
- Igualdad de las velocidades de la reacción directa e inversa
- Características del sistema
- Modelo elemental de reacción
- Carácter dinámico
- Extensión del proceso
- Constante de equilibrio
- Aplicaciones del concepto
- Cualitativo
- Cuantitativo
- Evaluación del sistema en equilibrio
- Problema estructurante
- Estrategias
- Interpretación cinética
- Comparación
- Cambios
- Uso del Principio de Le Chatelier
- Valor de la extensión de reacción
- Valor de las variables
- ◆ Preparar las palabras enlace
- ◆ Construir las proposiciones (Recordar el significado de proposiciones).
- **Estado de equilibrio** se presenta en un proceso reversible *donde coexisten reactivos y productos* reaccionando simultáneamente en sentido directo e inverso.
- *Se simboliza con* **REACTIVOS** \rightleftharpoons **PRODUCTOS**

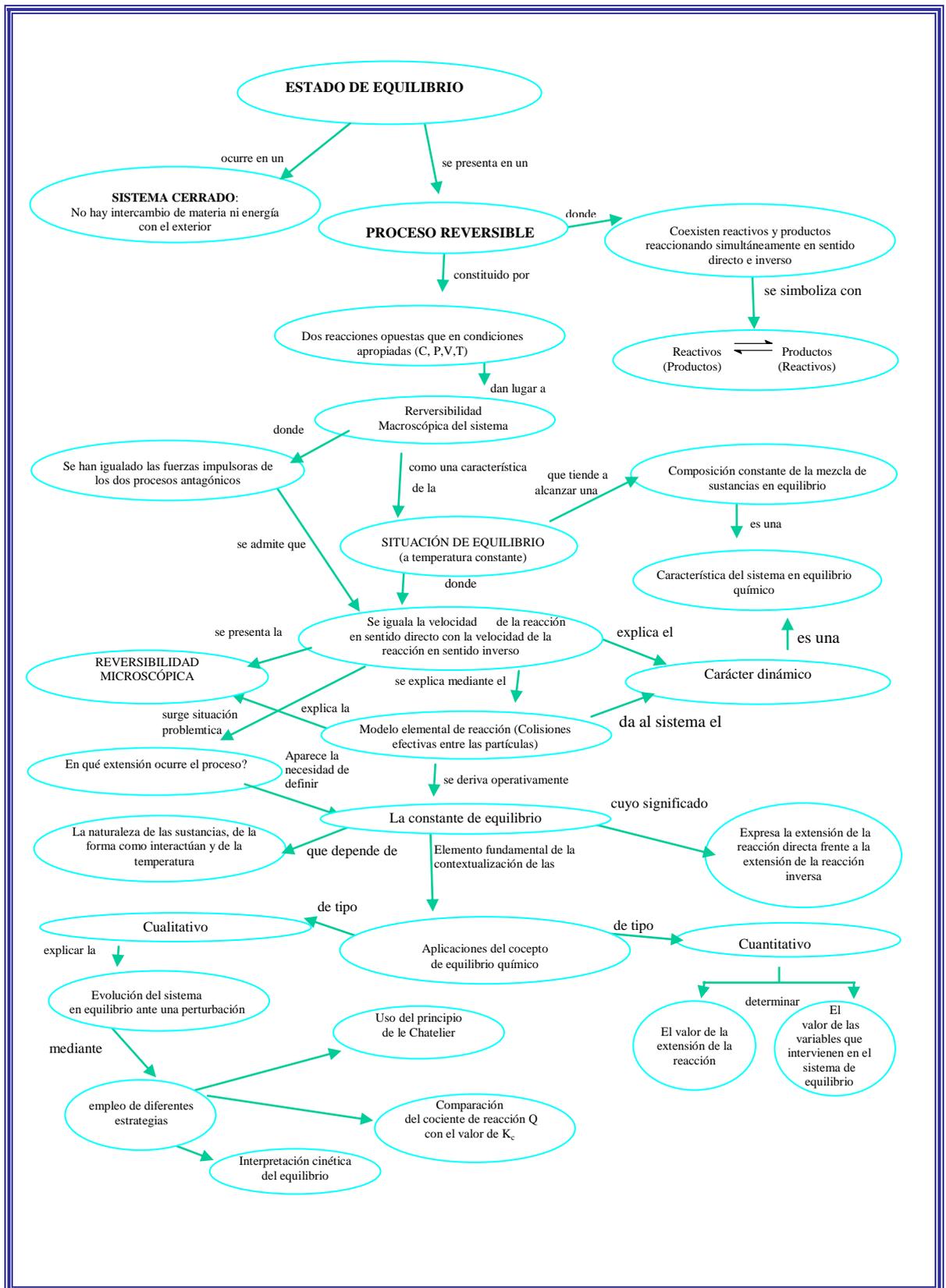
(productos)
(reactivos)
- **Estado de equilibrio** *ocurre en un sistema cerrado.*
- **Proceso reversible** *constituido por dos reacciones opuestas* que en condiciones apropiadas (concentración, presión, volumen y temperatura) *dan lugar a la reversibilidad macroscópica donde se igualan las fuerzas impulsoras de los dos procesos antagónicos, donde se llega a la composición constante de la mezcla de sustancias en equilibrio y se alcanza una situación de equilibrio* (a temperatura constante).
- En la **situación de equilibrio** *se igualan las fuerzas impulsoras de los dos procesos antagónicos que implica que la velocidad de la reacción en sentido directo se iguala*

a la velocidad de la reacción en sentido inverso – característica del sistema en equilibrio químico- que se explica por medio del modelo elemental de reacción (colisiones efectivas entre las partículas), confiere al equilibrio su carácter dinámico y establece la reversibilidad microscópica del sistema en equilibrio.

- Una vez comprendida cualitativamente la situación de equilibrio *surge la situación problemática: en qué extensión ocurre el proceso?*
 - Aparece la necesidad de definir la **ley del equilibrio químico (constante de equilibrio químico)** derivada operativamente a partir de la **igualación de las velocidades de la reacción** (directa e inversa) y *cuyo significado es expresar la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa.*
 - La **constante de equilibrio depende de la naturaleza de las sustancias, de la forma como interactúan y de la temperatura.**
 - La **constante de equilibrio es un elemento fundamental en la contextualización de las aplicaciones del concepto de equilibrio químico tanto cualitativas como cuantitativas.**
 - En el **orden cualitativo** permite responder al **problema estructurante que pretende resolver el estudio del equilibrio químico: Por qué reaccionan las sustancias químicas? o por qué no reaccionan?** y permite explicar la **evolución del sistema en equilibrio ante una perturbación externa por medio del empleo de diferentes estrategias: interpretación cinética del equilibrio, comparación del cociente de reacción Q con el valor de K y el uso del Principio de Le Chatelier.**
 - En el **orden cuantitativo determinar: el valor de la extensión de la reacción y el valor de las variables que intervienen en el sistema de equilibrio.**
- ♦ Unir las proposiciones para construir el mapa. (Por favor ver en la página siguiente el mapa que resume todos los trabajos de los grupos).

C. Actividades de finalización

- ♦ Rotafolio sobre los mapas. Cada grupo entrega su mapa a otro grupo y éste escribe las observaciones identificándose con el número del grupo. Cuando terminan lo pasan a un nuevo grupo hasta que llega a los autores del mapa, (Heteroevaluación).
- ♦ Enseguida cada grupo analiza las observaciones y sugerencias y en forma oral comenta su acuerdo y desacuerdo y las razones.
- ♦ Cada grupo evalúa el trabajo realizado enunciando las fortalezas y debilidades del mapa y del trabajo de los integrantes del grupo.
- ♦ El profesor cierra la discusión con una realimentación sobre el tema basado en las proposiciones construidas y sobre la forma de elaborar mapas conceptuales.



3.10 Mapa Conceptual: Aspectos más relevantes de un sistema en equilibrio

INVESTIGACIÓN ORIENTADA

4.2.3 Resolución de problemas

INTRODUCCIÓN

La resolución de problemas como actividad de investigación orientada busca en el contexto de la teoría constructivista el aprendizaje significativo, el alcance de logros que permiten desarrollar la competencia investigadora, así como competencias actitudinales y axiológicas que se desarrollan gracias al trabajo colaborativo y al protagonismo de los estudiantes desde la comprensión del problema, el diseño metodológico, la ejecución, el informe y evaluación de logros.

4.2.3.1 Situación problemática

¿Cuanta sal se puede disolver en agua?

4.2.3.2 Planteamiento cualitativo y acotación del problema

Los estudiantes deben comenzar por tener en cuenta que la mayoría de las sales tienen un límite de solubilidad, que tan pronto se llega a este límite de disolución comienza la sal sólida a precipitar. Identificar la sal como un compuesto iónico, por ejemplo en forma general $A^{+y}xB^{-x}y$, que en agua se disocia en sus iones xA^{+y} y yB^{-x} alcanzando la máxima concentración posible a la temperatura de trabajo, que se considera constante, y **en equilibrio** con el resto del sólido precipitado:



Se disuelven M moles/L de la sal \longrightarrow xM + yM

con su constante de equilibrio, llamada producto de solubilidad, K_{ps} .

Los estudiantes también deben considerar que la concentración de los iones disueltos corresponde estequiométricamente a la solubilidad molar, M , de la sal (solución saturada de una sal ligeramente soluble y completamente dissociada) a la temperatura considerada, que por tratarse de una sal poco soluble se acepta la aproximación que el volumen del solvente se puede considerar igual al de la disolución (ya que sus densidades son prácticamente iguales) y entonces se trata de disolver una cantidad de sal, w gramos, en un volumen de solución V .

Con estas consideraciones el problema se puede precisar en la siguiente forma:

Cuántos gramos de la sal $A^{+y}xB^{-x}y$ se pueden disolver en un volumen V de solución?

4.2.3.3 Formulación de hipótesis

Como el problema planteado consiste en averiguar la masa en gramos de sal (y en forma general de un compuesto ligeramente soluble de fórmula molecular del tipo $A^{+y}xB^{-x}y$), los estudiantes deben tratar de encontrar las relaciones entre la incógnita y las otras variables fijadas como datos. Es decir, hay que encontrar la relación general:

$$w = f(V, M)$$

proporcionalidad entre las variables donde el análisis funcional resumido conduce a

$$w \propto V \text{ (Volumen de la solución en la que se disolverá la sal)}$$

$$w \propto M \text{ (Concentración en moles/Litro de la sal que se disuelve)}$$

que nos conduce a la siguiente expresión hipotética:

$$w = k \cdot V \cdot M.$$

En este momento los estudiantes deben tener en cuenta que se trata de una situación de equilibrio en la cual la concentración de los iones disueltos depende del valor de la constante K_{ps} , cuanto mayor sea su valor, mayores serán las concentraciones de los iones de la sal disuelta. (Al utilizar los valores de K_{ps} para comparar solubilidades, se deben elegir los compuestos que tengan fórmulas semejantes, como $AgCl$ y ZnS , o CaF_2 y $Fe(OH)_2$ (Chang, 2007):

$$K_{ps} = [xA^{+y}]^x [yB^{-x}]^y.$$

$$K_{ps} = [xM]^x [yM]^y$$

Ahora los estudiantes deben encontrar las relaciones entre las variables fijadas como datos y la incógnita, w :

$w = f(K_{ps}, x, y)$ (x, y , son los subíndices de cada ión en la fórmula molecular)

$W \propto M$ (Concentración en moles/litro de la sal $A^{+y}x B^{-x}y$ que al disolverse se disocia en xM (moles/litro) de iones positivos (A^{+y}) y yM (moles/litro) de iones negativos (B^{-x}).

$$M \propto K_{ps}$$

$$M \propto 1/x, 1/y$$

El análisis funcional resumido conduce a:

$$M \propto K_{ps}/x, y$$

de donde se obtiene la siguiente expresión hipotética:

$$M = k K_{ps}/x, y$$

donde los estudiantes establecen que si K_{ps} tiende a 0, la sal estará prácticamente sin disociar y su solubilidad será nula. Por otra parte si el valor de K_{ps} es muy alto, representa una gran solubilidad de sal.

4.2.3.4 Estrategias de resolución

Se utilizará la ley de equilibrio para obtener la concentración M a partir del valor de K_{ps} :

$$K_{ps} = [xM]^x [yM]^y$$

$$K_{ps} = [x^x M^x] [y^y M^y] = x^x y^y M^{(x+y)}$$

$$M^{(x+y)} = K_{ps} / x^x y^y$$

$$M = \sqrt[(x+y)]{K_{ps}/x^x y^y}$$

Finalmente el número de moles de la sal que se puede disolver en un volumen V de solución será $n = VM$ y de aquí deducimos su masa en gramos: $w = n \times \text{Masa Molar}$, es decir:

$$w = VxMx\text{Masa molar.}$$

$$w = V \cdot \text{Masa molar} \cdot \sqrt[(x+y)]{K_{ps}/x^x y^y}$$

4.3 OPERATIVIZACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS

4.3.1 Resultados – postest grupo experimental y grupo control

Item A.1. Explica, tan extensamente como necesites, qué es un equilibrio químico para ti.

Tabla 1.- Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem A.1 relativo a cómo saber si un sistema químico está en equilibrio.

N° categoría	Categoría de respuesta	Gr. Control (N =120) %	Gr. Exper. (N =180) %
1.1	Explicitan que la composición del sistema es constante y sigue reaccionando(*)	31	70
1.1.1	-a nivel macroscópico,	31	58
1.1.2	-a nivel microscópico	0	12
1.2	Explicitan solamente una condición (constancia de la composición o reversibilidad del proceso)	34	28
1.2.1	-que la composición del sistema es constante,	19	8
1.2.2	-que existe un proceso reversible	15	20
1.3	Identifican el equilibrio con los cálculos para obtener K o con el desplazamiento del equilibrio	4	0
1.4	Incodificables	31	2

(*) Respuesta considerada correcta

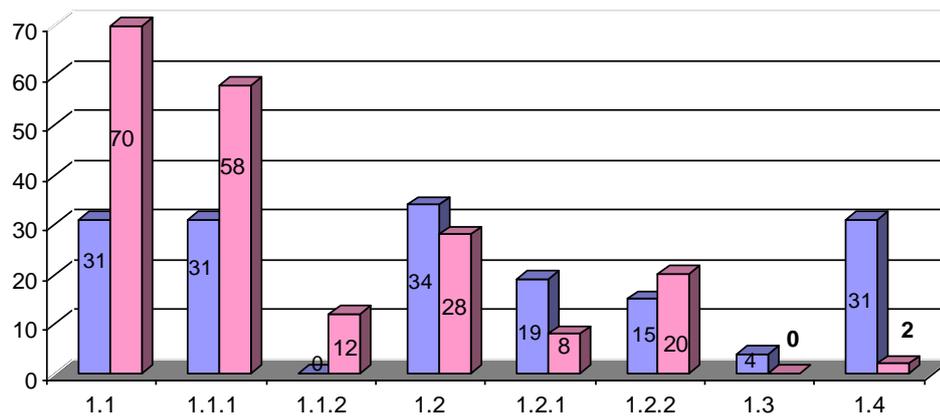


Figura 4.1: Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem A.1 relativo a cómo saber si un sistema químico está en equilibrio.

El análisis comparativo se centra en las diferencias de la categoría 1.1 en las dos muestras de estudiantes (grupo control y grupo experimental). En el grupo experimental se encuentra un significativo número de respuestas correctas como resultado del tratamiento didáctico. En estas respuestas se investigó si los estudiantes expresaban un conocimiento declarativo de lo que es un equilibrio químico y se consideraron respuestas correctas todas aquellas que cumplieron, al menos, con uno de los dos criterios de valoración (i) o (ii). Por ejemplo en el grupo control se encontró la siguiente respuesta dada por un estudiante: *“Se da el equilibrio químico cuando las concentraciones de las sustancias son constantes”*, esta respuesta la consideramos incompleta porque solo cumple con una de las condiciones del criterio (i) de valoración.

Un ejemplo de una respuesta, dada en el grupo experimental, que tuvo en cuenta ambos criterios de valoración y por lo tanto es más explicativa, es la siguiente: *“Es el estado en el cual una reacción química reversible posee la misma velocidad en su reacción inversa y directa, $V_d = V_i$, por ello las concentraciones de productos y reactivos se mantienen constantes, pero no significa que sea estático por el contrario es dinámico”*.

Por otra parte se encontró en el grupo control un elevado porcentaje de respuestas consideradas incodificables, en las cuales se puede observar la presencia de dificultades de aprendizaje debidas a la persistencia de concepciones alternativas, que coinciden con las detectadas en la bibliografía. Por ejemplo en la siguiente respuesta donde el estudiante asocia el concepto de equilibrio químico al concepto de equilibrio físico de una balanza (Johnstone et al, 1977): *“Equilibrio químico es cuando una reacción posee la misma cantidad tanto en los reactivos como en los productos”*.

Item A.2. Menciona, como mínimo, dos ejemplos de equilibrios químicos que creas que tengan interés.

Tabla 2.- Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem A.2 relativo a la capacidad de los estudiantes para mencionar ejemplos de equilibrio químico.

No. Categoría	Categoría de respuesta	Gr. Control (N = 120) %	Gr. Exper. (N = 180) %
2.1	Alumnos que no mencionan ningún ejemplo	49	12
2.2	Alumnos que mencionan un ejemplo	35	16
2.3	Alumnos que mencionan dos o más ejemplos	16	72

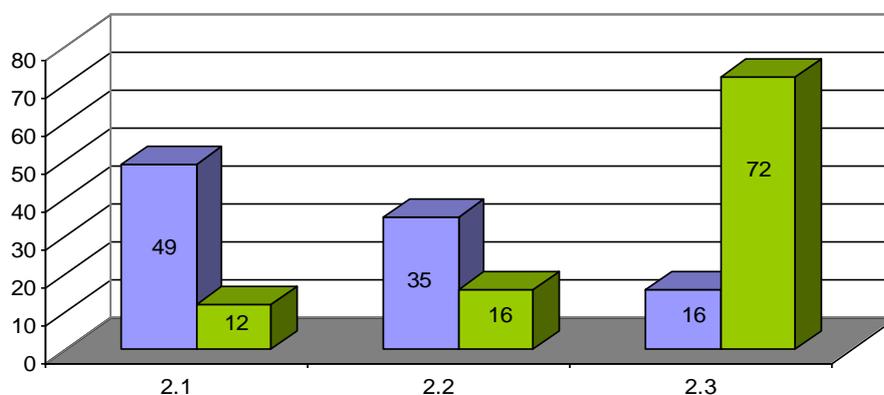


Figura 4.2: Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem A.2 relativo a la capacidad de los estudiantes para mencionar ejemplos de equilibrio químico.

En la comparación sobre este ítem encontramos diferencias significativas puesto que mientras casi la mitad, 49%, de la muestra de estudiantes de los grupos de control no dan ningún ejemplo, los de los grupos experimentales solo llegan al 12% de la muestra. Por otra parte mientras que en los grupos control el 16 % menciona dos ejemplos, en los grupos experimentales un alto porcentaje (72%) menciona dos ejemplos.

En cuanto a la calidad de los ejemplos, se ha graduado muy bajo el nivel de valoración de este ítem, por ejemplo, en uno de los grupos de control se aceptó la respuesta: *“El equilibrio del HI”*, asumimos que el estudiante se refiere al equilibrio de formación del HI a partir de sus elementos: $\text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HI}_{(g)}$ (que es un ejemplo muy mencionado en los libros de texto), en cambio un ejemplo considerado de buen nivel en uno de los grupos experimentales dice: *“La concentración de O_3 (ozono) en la atmósfera, se da y se mantiene gracias a un estado de equilibrio químico con el oxígeno que se encuentra libre”*.

Analizando los ejemplos dados por los estudiantes encontramos que la gran mayoría son de tipo académico, reacciones de equilibrio sobre las cuales se realizan los ejercicios numéricos. Pero en el caso de los grupos experimentales encontramos una significativa frecuencia de ejemplos de mayor contextualización social que permiten ver que los estudiantes han usado problemas relativos a las interacciones CTSA.

Item B.2. ¿Qué cuestiones o problemas crees que resuelve el concepto de equilibrio químico?

Tabla 3.- Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem B.2 relativo a reconocer cuál o cuáles son los problemas o cuestiones que resuelve el concepto de equilibrio químico.

No. Categoría	Categoría de respuesta	Gr. Control (N = 120) %	Gr. Exper. (N = 180) %
3.1	Estudio reacciones incompletas y condiciones para un mejor rendimiento(*)	36	79
3.1.1	-estudio de reacciones que no son completas	15	67
3.1.2	-aumento de la eficiencia de las reacciones (y/o aplicaciones CTS)	21	12
3.2	Realización de cálculos estequiométricos	39	11
3.3	Incodificables	20	10
3.4	En blanco	5	0

(*) Respuesta considerada correcta

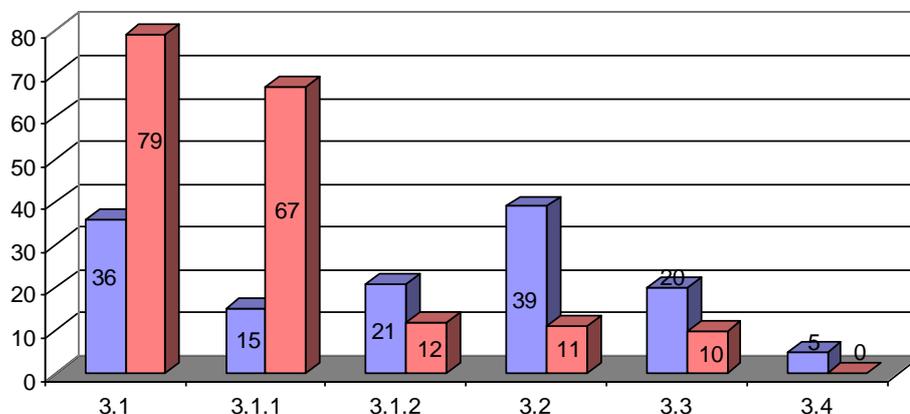


Figura 4.3: Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem B.2 relativo a reconocer cuál o cuáles son los problemas o cuestiones que resuelve el concepto de equilibrio químico.

El análisis del presente ítem se centra en la categoría 3.1, especialmente en el estudio de las reacciones que no se completan, que fueron las reacciones que dieron origen al largo estudio que condujo al concepto del equilibrio químico. Encontramos un 79% de respuestas valoradas positivamente en los grupos experimentales frente a un 36% en los grupos control, esta diferencia la consideramos significativa a favor del tratamiento didáctico de los grupos experimentales. Una respuesta dada en uno de los grupos experimentales fue la

siguiente: *“El equilibrio químico resolvió el problema de explicar por qué los reactivos de una reacción no se consumían completamente al encontrar que los productos de la reacción también podían reaccionar para formar los reactivos, dándose una reacción incompleta en equilibrio”*.

En la categoría 3.2 encontramos, particularmente en los grupos control, un alto porcentaje, 39%, de respuestas no correctas que consideran que la cuestión principal que resuelve el equilibrio químico es la de resolución de cálculos estequiométricos. Esta consideración no es correcta porque resulta del aprendizaje de tipo operativo derivado de una visión rígida y operativista que se desarrolla habitualmente en la enseñanza de conceptos científicos. Como ejemplo veamos la siguiente respuesta dada en un grupo control: *“Resuelve problemas del tipo de la cantidad de reactivo transformado en productos y la cantidad de producto transformado en una reacción reversible”*.

Item B.1. ¿Cómo podemos saber si en un sistema químico formado por varias sustancias (reaccionantes y productos) se ha alcanzado el equilibrio?

Tabla 4.- Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem B.1 relativo a cómo saber si un sistema ha alcanzado el equilibrio.

No. Categoría	Categoría de respuesta	Gr. Control (N = 120) %	Gr. Exper. (N = 180) %
4.1	Explicitan que la composición del sistema es constante a lo largo del tiempo(*)	47	82
4.1.1	-a nivel macroscópico	12	17
4.1.2	-a nivel microscópico	35	65
4.2	Se argumenta con el razonamiento matemático de que Q es igual a K	24	14
4.3	Incodificables	29	4

(*) Respuestas consideradas correctas

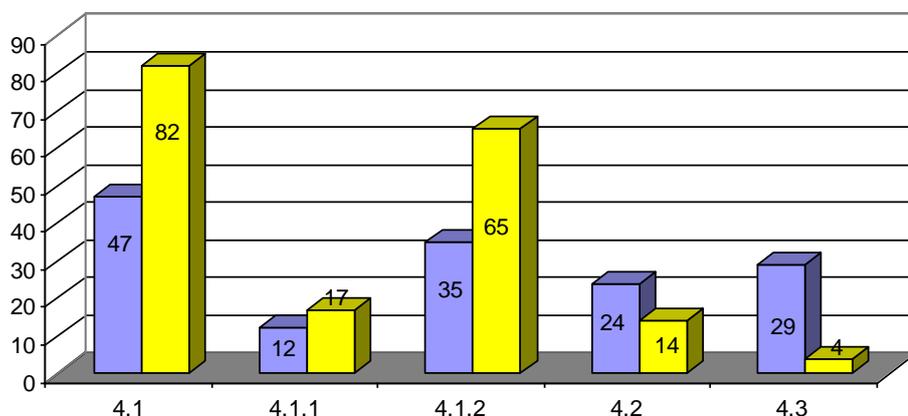


Figura 4.4: Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem B.1 relativo a cómo saber si un sistema ha alcanzado el equilibrio.

El objetivo de este ítem es muy semejante al expresado para el ítem 1.A, se atendió a los razonamientos a nivel de descripción macroscópica, de interpretación microscópica o de relación entre ambos niveles, pero en efecto, en el caso del presente ítem, consideramos que solamente se requiere contestar la evidencia empírica y para el criterio de valoración solo tenemos en cuenta una única condición: que la composición del sistema sea constante con el tiempo. En consecuencia encontramos un significativo mejoramiento de la calidad del aprendizaje en los grupos experimentales, 82% de respuestas correctas, en comparación con 47% de respuestas correctas en los grupos control.

Por otra parte, para resaltar la coherencia de la investigación, en los ítems 1.A y 1.B, aunque redactados en forma muy diferente, (y aplicados a diferentes grupos de estudiantes), encontramos que las respuestas de los estudiantes a estos ítems son coincidentes porque tienen los mismos objetivos. Y de hecho los resultados son convergentes: si tomamos como respuestas correctas el criterio indicado.

Así en el ítem 1.A para los grupos control, sale un porcentaje de 50% (31% de la categoría 1.1 más 19% de composición constante de la categoría 1.2), muy parecido al 47% de este ítem 1.B. Y para los grupos experimentales, en el ítem 1.A sale un porcentaje de 78% (70% de la categoría 1.1 más 8% de composición constante de la categoría 1.2), muy similar al 82% de este ítem 1.B.

En la categoría 4.2 observamos cierta preferencia de los estudiantes por un razonamiento matemático, asumimos que se debe a la predilección de algunos estudiantes por el tratamiento matemático de los conceptos químicos inducido desde la enseñanza.

Las respuestas que consideramos incodificables son divagaciones que no precisan ni una sola de las características del estado de equilibrio. Este número de respuestas, relativamente alto en los grupos control, es coincidente con el número de respuestas

incodificables del ítem 1.A, que como ya dijimos, tienen como base los mismos objetivos.

El bajo número de respuestas incodificables en los grupos experimentales, tanto en el ítem 1.A como en el ítem 1.B, nos permite confirmar que hemos logrado en los estudiantes una mayor capacidad de argumentación sobre el concepto de equilibrio químico.

Ítem B.3. La ley del equilibrio químico se aplica a cada reacción química y se concreta en la denominada “constante de equilibrio”. ¿De qué factores crees que depende esta constante de equilibrio?

Para este ítem consideramos correcta la respuesta con solamente indicar una de las dos variables de las que depende K, la naturaleza de las sustancias y/o la temperatura (nivel bajo de valoración de la respuesta en contra de la hipótesis). En la misma forma, consideramos la respuesta incorrecta si se expresa que K es dependiente de las cantidades de sustancia o de las concentraciones de las sustancias que intervienen en la reacción.

Tabla 5.- Porcentaje de respuesta de los grupos experimentales y de control en el ítem B.3 relativo a los factores de los que depende K.

No. Categoría	Categoría de respuesta	Gr. Control (N =120) %	Gr. Exper. (N =180) %
5.1	-K depende de la naturaleza de las sustancias y/o la temperatura (*)	22	67
5.1.1	-de la temperatura	12	31
5.1.2	-de la naturaleza de las sustancias	10	18
5.1.3	-de la naturaleza de la sustancias y de la temperatura	0	18
5.2	-K es dependiente de las cantidades de sustancia, de las concentraciones o de otras variables.	65	26
5.3	Incodificables	13	7

(*) Respuestas correctas

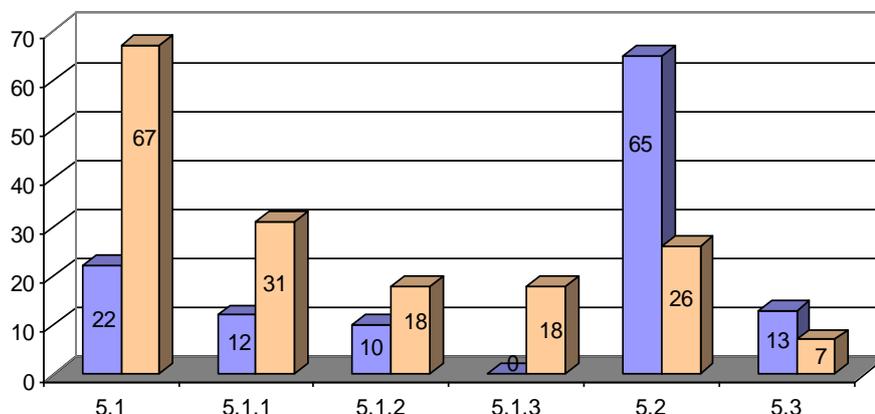


Figura 4.5: Porcentaje de respuesta de los grupos experimentales y de control en el ítem B.3 relativo a los factores de los que depende K.

En la **tabla 5** se puede observar un relativo alto porcentaje de respuestas correctas en la categoría 5.1 del grupo experimental, 67%, con respecto al grupo control, 22%, además en las tres subcategorías se observa que siempre fueron más elevados estos porcentajes y sus respuestas fueron de mejor calidad de comprensión del concepto, por ejemplo la respuesta dada en uno de los grupos experimentales: “*La constante de equilibrio depende de la temperatura y de la reacción como tal, si cambiamos la reacción la Kc variará y podrá ser mayor o menor, lo mismo ocurrirá con la temperatura*”.

Consideramos conveniente resaltar en la categoría 5.2 el elevado número de alumnos en los grupos control, 65%, que respondieron equivocadamente que la constante de equilibrio depende de las cantidades de sustancia, de las concentraciones o de otras variables. En el caso de las respuestas que mencionaron las concentraciones interpretamos que se trata de *un ejemplo de fijación funcional* (esta es una de las dificultades de aprendizaje que presentamos), ya que el estudiante ha utilizado muchas veces memorísticamente la expresión de K donde aparecen las concentraciones de las sustancias en el equilibrio y de ahí deriva la dependencia porque no distingue entre función y constante de proporcionalidad en términos matemáticos.

Estos resultados nos permiten aceptar que el tratamiento del grupo experimental con las actividades de aprendizaje por investigación orientada logra realmente que los alumnos superen la dificultad de aprendizaje de desconocer que la constante de equilibrio depende de la naturaleza de las sustancias que interaccionan, la temperatura y la forma como esta escrita la reacción.

Item A.3. Se hicieron varios experimentos para determinar la constante de equilibrio, K , de la reacción del “gas de agua”: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ a una temperatura dada. Se encontró que el valor de K a esta temperatura vale 2. Explica qué significa este valor de la constante de equilibrio.

En la valoración del presente ítem se considera como válida la respuesta cuando el estudiante indica de alguna manera que el valor de K implica la relación que hay en el estado de equilibrio entre la extensión del proceso directo (según como está el esquema de la reacción) y la del inverso. También se aceptan como válidas aquellas respuestas cualitativas que relacionen K con el cociente de concentraciones de productos y reactivos en el estado de equilibrio o con el cociente de velocidades absolutas directa e inversa ($K = k_1/k_2$).

Tabla 6.- Porcentaje obtenido en las categorías de respuesta al ítem A.3 relativo al significado asociado a un valor de la constante de equilibrio: $K = 2$.

Nº categoría	Categoría de respuesta	Gr. Control (N = 120) %	Gr. Exper. (N = 180) %
6.1	Relaciona de alguna manera cualitativa K con la extensión de la reacción directa sobre la inversa(*)	14	72
6.1.1	-lo indican explícitamente	0	33
6.1.2	-derivan que habrá más productos que reactivos en el equilibrio	14	39
6.2	Se expresa directamente la fórmula <i>correcta</i> con la que se calcula K (*)	77	20
6.3	Se asocia directamente K con la velocidad de reacción directa.	7	8
6.4	En blanco	2	0

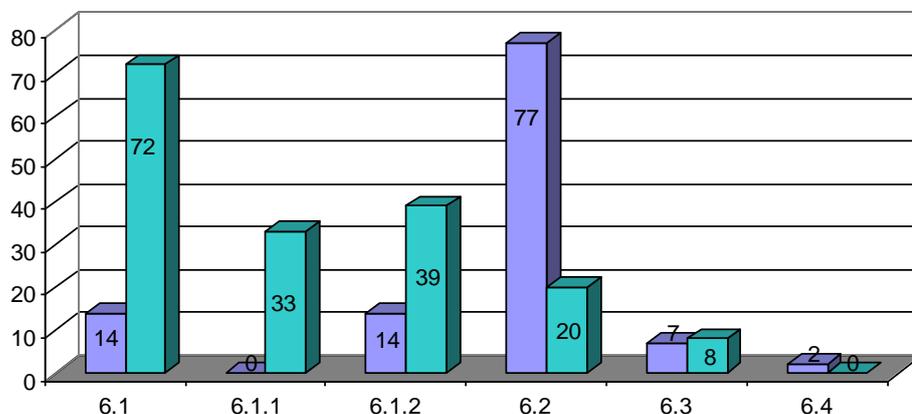


Figura 4.6: Porcentaje obtenido en las categorías de respuesta al ítem A.3 relativo al significado asociado a un valor de la constante de equilibrio: $K = 2$

En el análisis de la categoría 6.1 encontramos una diferencia significativa a favor del tratamiento didáctico del grupo experimental, en cuanto a la subcategoría de respuestas de alumnos con el significado explícito de la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa, por ejemplo en la siguiente respuesta: “*La constante de equilibrio significa el grado de extensión de la reacción directa al llegar al equilibrio frente a la reacción inversa*”. Este resultado aunque no es muy alto, lo consideramos un logro ya que esta interpretación requiere un mayor dominio del concepto y creemos que con un mayor énfasis desde la enseñanza, se puede mejorar.

En la categoría 6.3 encontramos, tanto en los grupos control como en los experimentales, muy pocos estudiantes que asocian directamente el valor de K con la velocidad de la reacción directa. Aunque este error conceptual no se presentó en forma significativa hay trabajos de investigación que lo han puesto de relieve (Barnejee, 1991) y aquí se ha comprobado que aparece si bien con poca significación.

En este ítem no se presentaron respuestas incodificables, ni en los grupos control ni en los grupos experimentales y sólo se presentó el 2% de respuestas en blanco en los grupos control. Este hecho nos demuestra que los estudiantes se sintieron seguros de dar respuestas correctas como efectivamente se puede observar en las categorías 6.1 y 6.2.

Desde el punto de vista de la didáctica, las respuestas de la categoría 6.1 son las que expresan comprensión del verdadero significado del valor de la constante de equilibrio, mucho mayor en los grupos experimentales. En cambio en la categoría 6.2 predomina en los grupos control el significado que asumen los alumnos derivado de la interpretación operativista del cálculo del valor de K_c .

Item B.4. Empleando un razonamiento diferente al principio de Le Chatelier, ¿cómo puedes explicar el sentido de evolución del equilibrio $\text{PCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$, si agregamos $\text{PCl}_{5(g)}$ a V y T constante?

En este caso son obvios el objetivo y el criterio de valoración seguidos en esta pregunta que se refieren a la contrastación de la existencia de *fijación funcional* del razonamiento cualitativo derivado del principio de Le Chatelier (Furió et al 2000).

Tabla 7.- Resultados de los grupos experimentales y de control relativos al ítem B.4 referido a los razonamientos empleados en la perturbación de un equilibrio al agregar reactivo.

No. Categoría	Categoría de respuesta	Gr. Control (N = 120) %	Gr. Exper. (N = 180) %
7.1	Argumentan con razonamiento a nivel microscópico o comparación del cociente de reacción con el valor de K(*)	21	69
7.1.1	-Razonamiento a nivel microscópico (cinético)	4	53
7.1.2	-Definición operativa de K (Q vs. K)	17	16
7.2	Siguen utilizando Le Chatelier a pesar del enunciado	46	25
7.3	Incodificables	26	6
7.4	En blanco	7	0

(*) Respuestas correctas

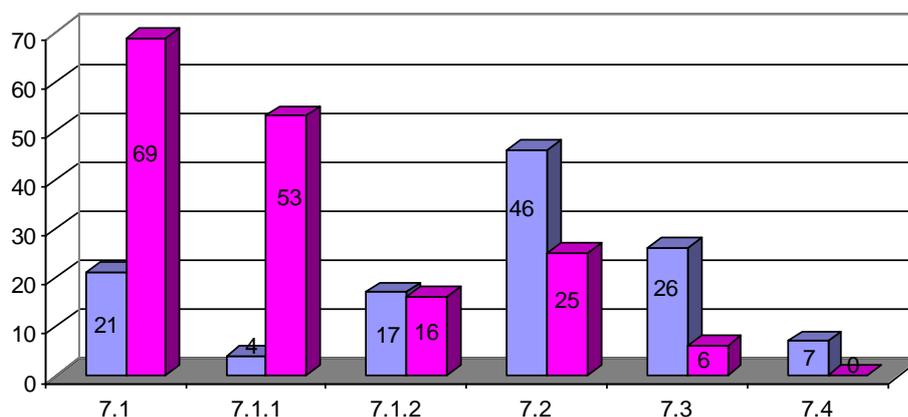


Figura 4.7: Resultados de los grupos experimentales y de control relativos al ítem B.4 referido a los razonamientos empleados en la perturbación de un equilibrio al agregar reactivo.

Encontramos un significativo porcentaje de respuestas correctas en la categoría 7.1 de los grupos experimentales, 69%, en comparación con el de los grupos control,

21%. Deducimos que esta diferencia se debe al tratamiento didáctico de los grupos experimentales.

Esta conclusión se refuerza al observar el resultado de la categoría 7.2 donde casi la mitad de los alumnos, 46%, de los grupos control utiliza en su explicación el principio de Le Chatelier a pesar de haberse solicitado en el enunciado no utilizarlo. Este porcentaje sumado al de las respuestas incodificables, 26%, más las respuestas en blanco, 7%, en total 79%, nos indica que probablemente los alumnos de los grupos control en un alto grado desconocen una estrategia de argumentación diferente al principio de Le Chatelier.

En cuanto a los grupos experimentales, encontramos en la categoría 7.1 que aunque los alumnos, 69%, sí conocen las otras estrategias de argumentación, un 25% (categoría 7.2) persisten con la explicación basada en el principio de Le Chatelier. Este hecho nos lleva a concluir que en estos alumnos se presenta una *fijación funcional* en la utilización de este principio (dificultad de aprendizaje presentada en nuestra investigación) y a la vez también se presenta una *reducción funcional* cuando se trata de explicar la evolución de un sistema en equilibrio, lo cual impide al estudiante utilizar otras estrategias con mayor significado químico. Veamos un ejemplo de aplicación del principio de Le Chatelier en los grupos experimentales: *“Cuando agregamos $PCl_{5(g)}$ se produce un aumento de concentración en los reactivos, rompiendo el equilibrio inicial, entonces para contrarrestar este aumento de concentración la reacción se desplaza hacia la derecha, hacia los productos para formar un nuevo equilibrio”*.

Por otra parte, al analizar la subcategoría del *razonamiento a nivel microscópico* (de la categoría 7.1), encontramos un bajo porcentaje, 4%, de alumnos en los grupos control que utilizaron este razonamiento para explicar el sentido de evolución del sistema en equilibrio. Este bajo porcentaje se entiende porque la enseñanza normalmente no utiliza este tipo de razonamiento.

En cambio en esta misma subcategoría, en los grupos experimentales, el resultado,

53%, lo podemos considerar alto ante las otras alternativas de explicación que tienen los alumnos. Un ejemplo de una de estas respuestas es la siguiente: “*Al aumentar la concentración de PCl_5 van a aumentar las colisiones entre las partículas del reactivo, lo que hace que la velocidad de esta reacción aumente y se desplace más hacia los productos*”.

Con este resultado comprobamos, además, que el tratamiento didáctico logra, al menos en un grado aceptable, que los alumnos superen la dificultad de aprendizaje de no establecer relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica (esta es otra de las dificultades de aprendizaje presentada en nuestra investigación). Habría que hacer más énfasis desde la enseñanza en el tratamiento a nivel microscópico de los sistemas en equilibrio.

Item A.4. Las moléculas del pentacloruro de fósforo (PCl_5) se descomponen a $30^\circ C$ en moléculas de tricloruro de fósforo (PCl_3) y de cloro (Cl_2). Se introduce cierta cantidad de PCl_5 en un erlenmeyer cerrado a aquella temperatura. Al cabo de bastante tiempo, se comprueba que aún queda masa de pentacloruro de fósforo por descomponer y que esta cantidad se mantiene. ¿Cómo se explica que la descomposición de PCl_5 no continúe siendo así que sigue estando a $30^\circ C$?

Tabla 8.- Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem A.4 relativo a las causas de que el pentacloruro de fósforo no siga descomponiéndose.

No. Categoría	Categoría de respuesta	Gr. Control (N =120) %	Gr. Exper. (N =180) %
8.1	Razonamientos a nivel microscópico y a nivel macroscópico(*)	66	88
8.1.1	-Igualación de las velocidades de los dos procesos antagónicos. Carácter dinámico del equilibrio.	11	72
8.1.2	-Ideas de reacción no total y constancia de la composición.	55	16
8.2	Incodificables	34	12

(*) Respuestas correctas.

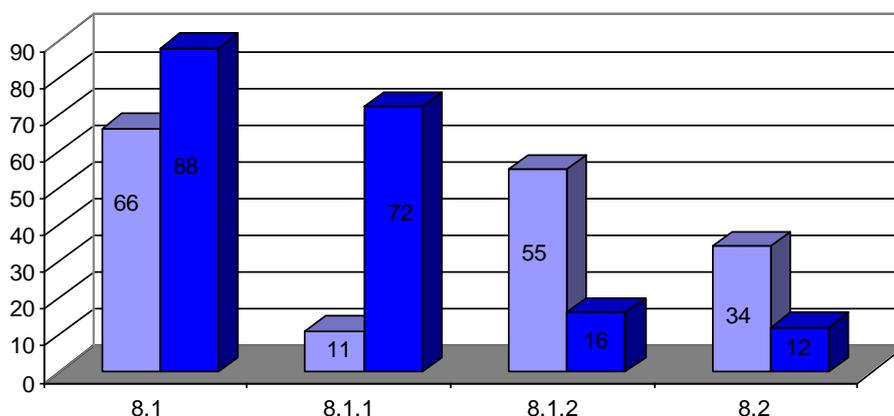


Figura 4.8: Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem A.4 relativo a las causas de que el pentacloruro de fósforo no siga descomponiéndose.

En el análisis de la categoría 8.1 de entrada, observamos poca diferencia entre el total de las respuestas de los grupos control y de los grupos experimentales, pero al ir a las subcategorías encontramos que en los grupos experimentales un importante porcentaje (72%) optó por un razonamiento a nivel microscópico que tiene en cuenta la igualación de las velocidades de los dos procesos antagónicos (idea del carácter dinámico del equilibrio), argumentación de alto nivel cognitivo frente al 16% que solo tuvo en cuenta las ideas de reacción no total y constancia de la composición de la mezcla en equilibrio. Veamos como ejemplo la siguiente respuesta a nivel microscópico en los grupos experimentales: *“Esta reacción es reversible, por lo tanto, después de transcurrir cierto tiempo, se establece un equilibrio dinámico entre las moléculas de reactivos que reaccionan y las de los productos que reaccionan, igualándose las velocidades de la reacción directa e inversa, ya no hay cambio neto entre las cantidades de las sustancias y por esto la concentración del PCl_5 permanece constante”*.

Por otra parte en los grupos control un número significativo de alumnos, 55%, expresa la idea, desde el punto de vista macroscópico, de que la reacción no es total y que la composición de la mezcla permanece constante a menos que se cambien las condiciones, por ejemplo en la siguiente respuesta: *“Debido a que a esa*

temperatura el sistema alcanzó su estado de equilibrio y para que el PCl_5 restante reaccione se requiere mayor temperatura o disminuir si se puede la concentración de alguno de los productos”.

El resultado obtenido con el grupo experimental nos permite afirmar que con el tratamiento didáctico hemos logrado superar la dificultad de aprendizaje que se presenta en los alumnos para relacionar el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica.

Item A.5. Se desea obtener 2 moles de $\text{PCl}_3(\text{g})$ descomponiendo $\text{PCl}_5(\text{g})$ a 270°C en un recipiente de 2 litros. Si a esta temperatura K_c para la reacción $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ vale 2, indicar cuántos moles de PCl_5 se deben poner inicialmente en el recipiente?

Tabla 9.- Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem A.5 relativo a analizar paso a paso las dificultades de tipo metodológico con que se encuentran los estudiantes delante de una situación problemática compleja.

No. categoría	Categoría	Gr. Control (N=120) %	Gr. Exper. (N=180) %
9.1	Solo reconocen que se transforman 2 moles de PCl_5 y se obtienen 2 moles de PCl_3 y 2 moles de Cl_2	14	5
9.2	Usan correctamente K_c para determinar la $[\text{PCl}_5]_{\text{eq.}} = 0,5\text{M}$	25	14
9.3	Deducen $[\text{PCl}_5]$ inicial igual a $[\text{PCl}_5]$ transformado + $[\text{PCl}_5]_{\text{eq.}}$ y/o determinan el número inicial de moles de PCl_5 (*)	40	73
9.4	Incodificables	18	6
9.5	En blanco	3	2

(*) Respuesta correcta

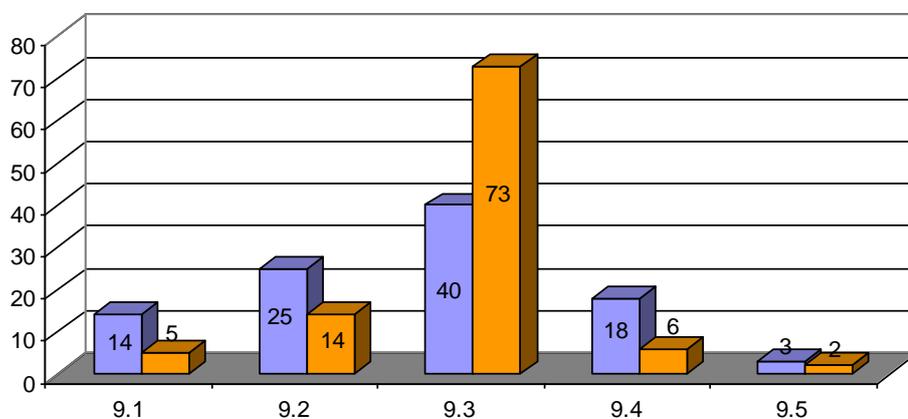


Figura 4.9: Resultados de los grupos experimentales y de control en el ítem A.5 relativo a analizar paso a paso las dificultades de tipo metodológico con que se encuentran los estudiantes delante de una situación problemática compleja.

Este equilibrio de descomposición del pentacloruro de fósforo se eligió porque es muy utilizado en los textos de Química y en la enseñanza. Es un buen ejercicio para analizar paso a paso las dificultades de tipo metodológico con que se encuentran los estudiantes delante de una situación problemática compleja como la resolución de un problema de equilibrio químico.

Una de las principales consecuencias de la metodología de enseñanza convencional es impulsar respuestas apresuradas derivadas de la utilización de un algoritmo que no ha sido derivado por ellos sino que ha sido transmitido linealmente por el profesor.

En este ejemplo los criterios de valoración han sido derivados de la secuencia de razonamientos seguidos:

- i) Se reduce el problema a obtener la relación de transformación de reactivos y productos (categoría 9.1) (solamente se utiliza el razonamiento de tipo estequiométrico con lo que no haría falta estudiar el equilibrio químico).

En este orden de ideas, encontramos que en los grupos control el 14% de los alumnos y en los grupos experimentales el 5% de los alumnos solo logró afirmar que 2 moles de PCl_5 transformados producen 2 moles de PCl_3 y 2 moles de Cl_2 . Por ejemplo en la siguiente respuesta dada en los grupo experimentales: “Se sabe que por cada mol de PCl_5 se forma una mol de PCl_3 y una mol de Cl_2 . Si deseamos obtener 2 moles de PCl_3 necesitaremos entonces de 2 moles de PCl_5 ”.

Estos alumnos en ninguna forma mostraron comprender que se trata de una reacción no completa y que se llega a un estado de equilibrio donde aún permanece

alguna cantidad de PCl_5 sin reaccionar.

ii) Se utiliza un razonamiento más complejo con un argumento con dos fragmentos. En efecto, primero se usa el razonamiento estequiométrico para obtener las concentraciones de los productos en el equilibrio y mediante la ley del equilibrio se calcula la concentración de equilibrio del pentacloruro. El estudiante no se da cuenta que la concentración de equilibrio no es la concentración inicial de pentacloruro.

Por otra parte, en la mayoría de las respuestas consideradas incodificables, al aplicar la ley de equilibrio aparece como error la identificación entre concentración (número de moles/litro) y cantidad de sustancia (número de moles) como se ha referenciado en otros trabajos de investigación (Furió y Ortiz, 1983; Hackling et al, 1990?).

Siguiendo con el proceso de desarrollo del ejercicio encontramos que en los grupos control el 25%, y en los grupos experimentales el 14% de los alumnos, sí reconocen que se trata de una situación de equilibrio y determinan correctamente la concentración de PCl_5 en el equilibrio pero creen que esta es la respuesta y no tienen en cuenta que estos moles de PCl_5 en el equilibrio forman parte de los moles iniciales que se deben poner a reaccionar.

iii) Finalmente se completa el razonamiento correcto con un argumento con 3 fragmentos. El tercero consiste en diferenciar el valor de las variables del sistema en el estado de equilibrio del que tienen en el estado inicial que es el que se solicita en el problema.

Así, el 40% de alumnos en los grupos control y el 73% de alumnos en los grupos experimentales obtuvieron la respuesta correcta al encontrar que se deben poner inicialmente en el recipiente 3 moles de PCl_5 .

Un hecho importante, que se puede observar en los ejemplos citados, es que mientras en el grupo control predominaron las respuestas con razonamiento puramente matemático, resultado de una enseñanza tradicional basada en un tratamiento operativo de la constante de equilibrio, en el grupo experimental abundaron las respuestas con razonamiento argumentado como resultado de un tratamiento preferentemente cualitativo del tema.

El resultado de este ítem, de carácter cuantitativo, nos permite confirmar que se logró en los grupos experimentales una mejor comprensión tanto del progreso de una reacción hasta alcanzar el estado de equilibrio como de la composición del sistema en equilibrio.

4.3.2 Análisis Estadístico

Prueba con Tablas de Contingencia

Marco teórico

Supóngase que se tienen n elementos de cierta muestra tomada de una población, los cuales pueden clasificarse de acuerdo con dos criterios diferentes. La prueba con tablas de contingencia permite determinar con cierto nivel de significancia si los dos métodos de clasificación son estadísticamente independientes. Sea O_{ij} la frecuencia observada para el nivel i del primer método de clasificación y el nivel j del segundo método de clasificación. Estas frecuencias observadas se pueden organizar en una tabla de r filas y c columnas denominada *tabla de contingencia*, donde r es el número de niveles del primer método de clasificación y c es el número de niveles del segundo método:

		Columnas			
		1	2	...	c
Filas	1	O_{11}	O_{12}	...	O_{1c}
	2	O_{21}	O_{22}	...	O_{2c}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	r	O_{r1}	O_{r2}	...	O_{rc}

Tabla de Contingencia $r \times c$

El método consiste en formular la hipótesis de que los métodos de clasificación fila-columna son independientes (hipótesis nula), y luego calcular un estadístico de prueba a partir de las frecuencias observadas a partir del cual se acepte o rechace la hipótesis. Si se rechaza la hipótesis, se concluye que existe una relación entre los métodos de clasificación. Sea p_{ij} la probabilidad de que un elemento seleccionado al azar caiga en la celda ij -ésima de la tabla de contingencia. Dado que los métodos de clasificación son supuestamente independientes, se puede escribir $p_{ij} = u_i v_j$, donde u_i es la probabilidad de que un elemento seleccionado al azar pertenezca al renglón i , y v_j es la probabilidad de que un elemento seleccionado pertenezca a la columna j . Todavía bajo la suposición de independencia, los estimadores \hat{u}_i , \hat{v}_j de las probabilidades u_i, v_j pueden calcularse según

$$\hat{u}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^c O_{ij}$$

$$\hat{v}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r O_{ij}$$

La probabilidad esperada de cada celda está dada por

$$E_{ij} = n \hat{u}_i \hat{v}_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^c O_{ij} \sum_{i=1}^r O_{ij}$$

Puede probarse que, para n grande, el estadístico

$$X_0^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

tiene una distribución aproximada ji-cuadrado con $(r-1)(c-1)$ grados de libertad si

la hipótesis nula es verdadera.

A partir de esto, concluimos que la hipótesis nula debe rechazarse si $X_0^2 > \chi_{\alpha, (r-1)(c-1)}^2$

Hipótesis Estadística

H_0 : La aprobación de la pregunta es independiente del grupo de estudio

H_1 : La aprobación de la pregunta depende del grupo de estudio

Tablas de Contingencia y Cálculo del estadístico X^2

Se elabora una tabla de contingencia 2 x 2 para cada pregunta a partir de los sondeos. Esta tabla tiene la forma

Pregunta i

	Correctas	Incorrectas	
G. Control	A	B	A + B
G. Exper.	C	D	C + D

Para el caso particular de la tabla de contingencia 2 x 2, el estadístico ji-cuadrado se puede calcular usando la expresión simplificada

$$X^2 = \frac{(AD - BC)^2 (A + B + C + D)}{(A + B)(C + D)(B + D)(A + C)},$$

la cual es equivalente a la formulación expuesta para la prueba con tablas de

contingencia.

A continuación se presentan las tablas de contingencia 2 x 2 para cada una de las preguntas:

Pregunta 1

	Correctas	Incorrectas	
G. Control	37	83	120
G. Exper.	126	54	180

$$X^2 = 44.51435225$$

Pregunta 2

	Correctas	Incorrectas	
G. Control	19	101	120
G. Exper.	130	50	180

$$X^2 = 91.57962576$$

Pregunta 3

	Correctas	Incorrectas	
G. Control	43	77	120
G. Exper.	142	38	180

$$X^2 = 56.46298472$$

Pregunta 4

	Correctas	Incorrectas	
G. Control	56	64	120
G. Exper.	148	32	180

$$X^2 = 41.83006536$$

Pregunta 5

	Correctas	Incorrectas	
G. Control	26	94	120
G. Exper.	120	60	180

$$X^2 = 58.36150151$$

Pregunta 6

	Correctas	Incorrectas	
G. Control	17	102	119
G. Exper.	130	50	180

$$X^2 = 96.21313417$$

Pregunta 7

	Correctas	Incorrectas	
G. Control	25	95	120
G. Exper.	124	56	180

$$X^2 = 66.51184497$$

Pregunta 8

	Correctas	Incorrectas	
G. Control	79	41	120
G. Exper.	158	22	180

$$X^2 = 20.8994709$$

Pregunta 9

	Correctas	Incorrectas	
G. Control	48	72	120
G. Exper.	131	49	180

$$X^2 = 32.14368161$$

Para los grados de libertad, sea r el número de filas y c el número de columnas en la tabla de contingencia, respectivamente. Entonces, el número de grados de libertad ν está dado por $\nu : (2-1) \times (2-1) = 1$, para todas las preguntas.

Se elige un nivel de confianza del 99.5%, esto es, un nivel de significancia α de 0.005 (0.5%). Para estos valores, se tiene $\chi_{\alpha,\nu}^2 = 7.88$. Dado que para todas las preguntas se tiene $X^2 > \chi_{\alpha,\nu}^2$, se rechaza la hipótesis nula H_0 con un nivel de significancia de 0.005. Se puede concluir que existe una relación entre la respuesta correcta de las preguntas y el grupo de estudio. De hecho, existe evidencia fuerte que indica que los estudiantes del grupo experimental responden de manera correcta las preguntas con más frecuencia que los estudiantes del grupo de control.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los cambios reales y duraderos- aprendizaje significativo, pueden favorecerse y acelerarse a partir de procesos de investigación dirigidos, en los cuales los estudiantes tengan la oportunidad de desarrollar integralmente capacidades de desempeño: detectando problemas, reflexionando sobre la situación, elaborando respuestas tentativas a modo de hipótesis, valorando las posibles soluciones por medio de la argumentación; buscando el contraste argumentado y riguroso con otros puntos de vista, con otras estrategias y con datos obtenidos en investigación en didáctica de las ciencias, para decidir sobre las nuevas formas de resolver el problema y ponerlas en marcha.

5.1 CONCLUSIONES DEDUCIDAS DE LA CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS

1. Podemos afirmar que los estudiantes no tienen claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el concepto de equilibrio químico en gran parte porque en la introducción del tema de equilibrio químico en la clase y en los libros de texto muy pocos profesores se preocupan por explicar qué problema resuelve este concepto, es decir:

- No le dan importancia al hecho de que los alumnos deben comprender a qué problema se enfrentan al comenzar el estudio del tema.
- No tienen en cuenta la importancia de la relación entre la comprensión de la intencionalidad del estudio del tema y la motivación y participación comprometida en el proceso de aprendizaje.

- Al inicio del tema no explican directamente que el objeto de estudio son las reacciones que no se completan y durante el proceso tampoco se llega a aclarar por qué no ocurre reacción si aún hay reactivos presentes.
- La enseñanza no explicita el desarrollo histórico que condujo a la construcción del concepto de equilibrio químico.

2. Los estudiantes no tienen criterios químicos claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio. Como una posible causa se observa que en el grupo de profesores encuestados en relación al tratamiento empírico-inductivo del tema se hace muy poco énfasis en la interpretación de la situación de equilibrio, y en cambio mucho énfasis en su modificación.

Con esta situación difícilmente podrá el estudiante construir un concepto integral y significativo del estado de equilibrio químico, porque cuando la información se presenta en forma fragmentada, aislada y ahistórica, el estudiante por sí solo no es capaz de construir al nivel de complejidad esperado.

Además hemos encontrado que aunque los libros de texto, en una buena proporción, describen el comportamiento macroscópico de un sistema químico en equilibrio (reacción no total, constancia de la composición del sistema a lo largo del tiempo, no formación de productos a pesar de que hay reactivos presentes, coexistencia de las dos direcciones posibles de evolución del sistema o posibilidad de llegar al mismo estado de equilibrio partiendo de los reactivos o de los productos), los profesores en su práctica muy poco explican este comportamiento.

Entonces, podemos concluir que debido a que la enseñanza no hace énfasis en la explicación del comportamiento macroscópico de un sistema químico en equilibrio los estudiantes no tienen criterios químicos claros para describir cuando un sistema químico está en equilibrio.

Por otra parte, mientras que los textos muy poco tienen en cuenta la explicación

microscópica del sistema en equilibrio, los profesores no manifiestan tener en cuenta este tipo de explicación. En este punto encontramos como hecho importante la convergencia de esta carencia de enseñanza con la presencia de otra dificultad de aprendizaje que también presentamos en esta investigación: "Los estudiantes no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica".

3. Los estudiantes desconocen el campo de validez de la constante de equilibrio porque no tienen en cuenta que la constante depende de la forma en que se simbolice la interacción entre las sustancias y de la temperatura a la cual se realice el proceso.

En cuanto al desconocimiento del campo de validez de la constante de equilibrio, encontramos que desde la enseñanza hace falta hacer énfasis por una parte en precisar que la constante de equilibrio depende de la temperatura de equilibrio, con el fin de evitar que los estudiantes en un caso de *reducción funcional* no la tengan en cuenta porque no aparece en la expresión matemática de la constante de equilibrio.

Por otra parte, también consideramos que hace falta desde la enseñanza, hacer énfasis en que la constante de equilibrio no depende de las concentraciones de las sustancias en equilibrio porque es una constante y evitar que los estudiantes en un caso de *fijación funcional* lo tomen así al ver que las concentraciones de las sustancias están presentes en la expresión matemática de la constante de equilibrio.

En resumen, podemos concluir que la enseñanza debe hacer énfasis en que la constante de equilibrio depende de la temperatura, de la naturaleza de las sustancias en el estado de equilibrio y de la forma en que estas sustancias interaccionan de acuerdo al esquema de la ecuación química planteada.

4. Los estudiantes no interpretan que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso porque no comprenden que esta constante expresa la relación cualitativa de la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa.

Debido a que para los profesores y para gran parte de los textos no figura como concepto importante de aprendizaje en el tema de equilibrio químico el significado cualitativo de la constante de equilibrio. Este concepto surgió como respuesta a la necesidad sentida durante largo tiempo de dar una cuantificación al tratamiento cualitativo de los dos procesos antagónicos que ocurren simultáneamente.

Por lo tanto no es de extrañar que los estudiantes no interpreten que desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa en el estado de equilibrio.

5. Los estudiantes presentan la fijación y la reducción funcionales como formas de razonamiento de sentido común al proponerles cuestiones cualitativas sobre perturbación del equilibrio, debido a que no han desarrollado la habilidad para utilizar otras estrategias de argumentación con mayor significado químico.

En las acciones de aprendizaje y de enseñanza no se motiva prioritariamente la aplicación de estrategias cualitativas basadas en el modelo elemental de reacción para resolver cuestiones cualitativas sobre perturbación del sistema en equilibrio, dando lugar a que en los estudiantes se presenten la fijación y la reducción funcionales en la aplicación generalizada del principio de Le Chatelier, como forma de razonamiento de sentido común.

6. Los estudiantes no establecen relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y la reversibilidad microscópica porque no tienen en cuenta la naturaleza corpuscular y cinética de la materia, ya que en las acciones de aprendizaje no se establece una relación coherente entre los aspectos macroscópicos que caracterizan al estado de equilibrio y los aspectos microscópicos basados en el modelo elemental de reacción.

Tampoco se aplica cualitativamente el concepto introducido de acuerdo a cómo se ha mostrado su conceptualización. Esto es, hay incoherencia metodológica entre la forma epistemológica como se ha enseñado el concepto y su aplicación en diversas situaciones.

La enseñanza del equilibrio químico presenta una concepción acumulativa lineal en la construcción de los conocimientos científicos al superponer (no diferenciar) la descripción del comportamiento macroscópico del sistema químico en el equilibrio con la explicación microscópica causal de que se alcance dicho estado.

Es decir, el profesorado prioriza en la enseñanza la descripción macroscópica del equilibrio (coherente con la visión empirista del fenómeno) que se suele concebir como efecto y causa del fenómeno cuando en realidad se trata de un hecho, dato o evidencia que se ha de explicar causalmente con el cuerpo teórico de conocimientos.

7. En el análisis de textos encontramos que el 60% no tienen en cuenta las relaciones CTSA con lo cual se tiende a presentar una visión totalmente neutra de la ciencia. Se debe tratar de mostrar que el desarrollo científico es realizado por equipos de científicos que forman parte de la sociedad y hasta de las comunidades donde ellos conviven, muchas veces buscando soluciones a los problemas sociales por ellos conocidos.

8. En un alto porcentaje los libros de texto y los profesores encuestados no hacen una presentación histórica y problemática del tema de equilibrio químico lo que conlleva a una presentación arbitraria del concepto y muchas veces a un aprendizaje memorista y mecánico, porque además no se plantean situaciones problemáticas cuya solución requiera la introducción del concepto de equilibrio químico.

5.2 CONCLUSIONES DEDUCIDAS DE LA CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS

En el contexto de la investigación orientada con el uso del programa guía de actividades y la resolución de problemas se logran contrarrestar significativamente las dificultades de aprendizaje en el concepto de equilibrio químico porque:

1. Se observa una diferencia significativa en los grupos experimentales cuando se contextualizan los ejemplos desde el punto de vista científico y social y las explicaciones trascienden lo cotidiano para llegar a relacionar los conceptos previos y los nuevos que se presentan como objeto de aprendizaje.
2. En las actividades realizadas por los alumnos se tuvo especial cuidado de lograr que todos los integrantes del grupo comprendieran la intencionalidad de las acciones al realizar los procesos propuestos y la participación esperada de cada uno de ellos, lo que seguramente facilitó el alcance de los logros propuestos.
3. En las explicaciones sobre la ocurrencia de las reacciones los estudiantes demostraron la capacidad de trascender las respuestas mecanicistas como el uso del principio de Le Chatelier al utilizar el modelo elemental de reacción para decidir la evolución de un sistema en equilibrio cuando se alteran las condiciones, lo que les permite responder con mayor claridad a la pregunta ¿Por qué reaccionan las

sustancias?

4. Con el tratamiento didáctico basado en las actividades de aprendizaje los estudiantes lograron comprender conceptos básicos del tema de equilibrio químico tales como la reversibilidad de las reacciones químicas, la situación de equilibrio y su alteración a nivel macroscópico, la igualación de las velocidades de la reacción directa e inversa y su explicación a nivel submicroscópico con base en las colisiones entre las partículas (modelo elemental de la reacción), por el cambio conceptual logrado mediante modificaciones en la estructura cognitiva, producto de la reflexión y el análisis en los pequeños grupos.

5. Los estudiantes de los grupos experimentales en un porcentaje significativo comprenden que la constante de equilibrio depende de la temperatura, de la naturaleza de las sustancias y de la forma como interactúan estas sustancias porque logran trascender la fijación funcional que los ha llevado tradicionalmente a considerar que la constante de equilibrio depende de las concentraciones de las sustancias, y de la misma manera trascienden la reducción funcional al no tener en cuenta que la constante de equilibrio depende de la temperatura como se hace habitualmente cuando no la ven representada en la ecuación de equilibrio. Este logro se ha alcanzado gracias a que en los grupos se ha aplicado el método de análisis para separar el todo (constante de equilibrio) en los elementos involucrados, para estudiarlos en forma individual y analizar la relación entre ellos y comprender así el principio organizador.

6. Los estudiantes superan el error conceptual de identificar la constante con la velocidad de reacción y la relación puramente matemática del cociente de las concentraciones de productos y reactivos en el estado de equilibrio al asumir el significado de K desde el punto de vista químico que expresa la relación entre la extensión de la reacción directa frente a la extensión de la reacción inversa. Este cambio se debe a que lograron comprender que en el estado de equilibrio el producto de las concentraciones de los productos de la reacción es una medida de la

extensión de la reacción directa y el producto de las concentraciones de los reactivos es una medida de la extensión de la reacción inversa.

7. Al explicar el sentido de evolución de un sistema en equilibrio un número significativo de estudiantes de los grupos experimentales optaron por un razonamientos a nivel microscópico, dejando de lado la opción de comparar el cociente de reacción con el valor de K y la utilización del principio de Le Chatelier. Se atribuye este logro a la utilización de las estrategias mencionadas porque en el grupo control casi la mitad de los estudiantes respondieron con el uso del principio de Le Chatelier a pesar de que figuraba como una restricción en la base de la pregunta. En estos últimos alumnos y en el 25% de los alumnos de los grupos experimentales se ve claramente la fijación funcional en la utilización del principio de LeChatelier y a la vez se presenta una reducción funcional cuando se trata de explicar con base en este principio, lo cual impide al estudiante utilizar otras estrategias con mayor significado químico. Este comportamiento de los estudiantes del grupo experimental se debe a que al comparar las tres opciones se dieron cuenta que por una parte la utilización del principio de Le Chatelier presenta limitaciones, la comparación del cociente reacción Q con el valor de K es de tipo matemático y la explicación basada en el modelo de reacción tiene más significado químico.

8. Los estudiantes explican el estado de equilibrio preferentemente con razonamientos a nivel microscópico frente a los razonamientos a nivel macroscópico o las ideas de reacción no total y constancia de a composición de la mezcla de equilibrio. Se debe fundamentalmente a que se ha logrado una suficiente comprensión de la naturaleza corpuscular y cinética de la materia que da mayor significación a la explicación de las condiciones de la situación de equilibrio.

5.3 PERSPECTIVAS

1. En cualquier actividad de aprendizaje que se quiera realizar en la escuela es necesario dedicarle tiempo y esfuerzo a la comprensión de la intencionalidad para que el estudiante comprenda la razón por la cual debe alcanzar los logros propuestos. Para comprometerlo con el papel protagónico en el proceso educativo.

Por ello, es necesario que en cada actividad de aprendizaje que se emprenda en el aula el profesor se cerciore que los estudiantes están recibiendo y comprendiendo la información para que puedan responder cuando el profesor da las orientaciones sobre el proceso de aprendizaje que se va a emprender. Deben comprender el propósito, su papel y el sentido de las acciones. Porque, si se quiere una participación comprometida y fructífera la intencionalidad es “la condición básica para llevar a cabo cualquier experiencia de aprendizaje”, Feuerstein (1994). La intención por parte del mediador consiste en implicar al sujeto en la experiencia de aprendizaje, de forma que es el mediador el que selecciona y organiza la información para conseguir los objetivos fijados con anterioridad.

En el caso de la comprensión del concepto de equilibrio químico es muy importante que los estudiantes entiendan a qué problema se enfrentan cuando inician el estudio del tema, para que puedan trascender sus ideas previas conformadas por ideas cotidianas y por conceptos asociados desde la física.

2. Es importante que los estudiantes comprendan no solo las razones por las cuales deben estudiar un concepto sino que entiendan el sentido de las estrategias para disminuir la dependencia del docente y asuman el papel protagónico en el desarrollo de sus propias competencias
3. Es ideal que al emprender un nuevo aprendizaje se realice una cuidadosa

evaluación diagnóstica que permita al estudiante comprender sus posibilidades y limitaciones de aprendizaje ante el nuevo reto que deben enfrentar.

4. Se considera importante acompañar con referencias históricas el desarrollo del concepto de equilibrio químico para contrarrestar la presentación de los conocimientos como conceptos acabados e incuestionables.
5. La investigación en didáctica de la ciencias experimentales llama la atención sobre la organización del tiempo de los estudiantes, para que en la escuela maximicen su uso en la realización de actividades de atención dirigida – TAD y en casa en el trabajo independiente – TI.. Ya que la coherencia entre TAD y TI seguramente permite al estudiante ser protagonista de su proceso formativo y sobre todo aprender a aprender.
6. Para una mejor comprensión del concepto de equilibrio químico por parte de los estudiantes, consideramos conveniente presentar primero su descripción macroscópica y después su explicación a nivel microscópico, para así disminuir la tendencia que se observa frecuentemente de superponer estos dos niveles. En el mismo sentido se debe estar alerta a las representaciones simbólicas del concepto para evitar las posibles ideas alternativas erróneas que puedan asumir los estudiantes, por ejemplo, creer que la composición de la mezcla en equilibrio corresponde a la proporción representada en el simbolismo de la ecuación química.
7. Para aprovechar la motivación que despiertan las imágenes en los estudiantes en pro de aprendizajes más significativos, es recomendable el uso más frecuente de estrategias como los mapas, esquemas y redes conceptuales que les permiten construir gráficamente la estructura cognitiva que contextualiza el concepto objeto de aprendizaje.

BIBLIOGRAFIA

1. AA. (1995). *Volver a pensar la educación I*. Madrid: Morata.
2. AEBLI, H. (1995). *12 formas básicas de enseñar*. Barcelona: Narcea. 2ed.
3. ALDA, F. L. y HERNÁNDEZ, M. D. (1998). Resolución de problemas. *Cuadernos de Pedagogía*. Núm. 265, pp 28-32.
4. ALLEN, David (compilador) (2000). *La evaluación del aprendizaje de los estudiantes. Una herramienta para el desarrollo profesional de los docentes*. Argentina: Paidós.
5. ALONSO SÁNCHEZ, M., GIL PÉREZ, Daniel (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las Ciencias. *Investigación en la escuela*, No. 30. 15-25.
6. ÁLVAREZ MÉNDEZ, Juan Manuel (1995). Valor social y académico de la evaluación. En ALFIERI Fiorenzo et al (1995). *Volver a pensar la educación II*. Madrid: Morata.407p.
7. ALVERMANN, D. y MINNICK, SANTA C. (1994). *Una didáctica de las ciencias*. Argentina: Aique. 313p.
8. ANDERSSON, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
9. ANDERSON, B. (1986). Pupils' Explanations of Some Aspects of Chemical Reactions. *Science Education* 70(5): 549-563.
10. ARBELÁEZ, R. y FORTES, M. C. (2004). *Concepciones sobre una docencia universitaria de calidad*. Valencia: Publicaciones Universidad de Valencia.
11. ARRIETA GALLASTEGUI, J.J. (1989). La Resolución de problemas y la educación matemática hacia una mayor interrelación entre investigación y desarrollo curricular. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol 7 No. 30 p67-74.

12. ASTOLFI, Jean Pierre (1999). *El error un medio para enseñar*. Sevilla: Díada, 97p.
13. AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. y HANESIAN H. (1993). *Psicología Educativa*. México: Trillas,. 623p.
14. BACHELARD, Gastón (1985). *La formación del espíritu científico*. Argentina: Siglo XXI.
15. BAKER, Linda (1994). Metacognición, lectura y educación científica. En MINNICK SANTA, C. y ALVERMANN, D. (1994). *Una didáctica de las ciencias procesos y aplicaciones*. Argentina: Aique. 313p.
16. BAKER, V. (2001). *Beyond appearances: students` misconceptions about basic chemical ideas*. A report prepared for the Royal Society of Chemistry.
17. BALLENILLA, Fernando (1997). Enseñar investigando. ¿Cómo formar profesores desde la práctica? No.12 Sevilla: Díada.
18. BALL, S. y GREEN, E.J. (1974). *Aprendizaje, enseñanza y tecnología educacional*. Buenos Aires: Paidós. 135p.
19. BANERJEE ANIL, C.(1991a). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *Int. J. Sci. Ed.* Vol. 13, N° 4, 487-494.
20. BANERJEE, ANIL C. y POWER, COLIN N. (1991b). The development of modules for the teaching of chemical equilibrium. *Int. J. Sci. Ed.* Vol. 13, N° 3, 355-362.
21. BARBIER, Jean Marie (1993). *La evaluación en los procesos de formación*. España: Paidós.
22. BARDIN, (1977). *Análisis de contenido*. Madrid: Akal.
23. BARQUÍN RUIZ, J. (1999). Hacia un modelo de formación del profesorado crítico, complejo y global. Retos del profesorado al final del milenio. *Investigación en la escuela.*, núm. 37, pp. 61-71.
24. BATTANER ARIAS, Paz, ATIENZA CEREZO, Encarna, LÓPEZ FERRERO, Carmen y PUJOL LLOP, Mario (2001). *Aprender y enseñar: la redacción de exámenes*. Madrid: Antonio Machado Libros. 158p.

25. BEAS, M. Y MINGUEZ J. G. Libro de texto y Construcción de Materiales curriculares. Granada: Proyecto sur, 1995.
26. BENITO, Águeda y CRUZ, Ana (2005). *Nuevas claves para la docencia universitaria en el espacio europeo de educación superior*. Madrid: Narcea. 141p.
27. BENSUADE-VINCENT, B. y STENGERS, I. (1997). *Historia de la Química*. Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
28. BERGQUIST W. y HEIKKINEN H. (1990). Student Ideas Regarding Chemical Equilibrium, *Journal of Chemical Education*, vol. 67, n°. 12, 1000-1003.
29. BEYER, Landon E. (1997). *Perspectivas: revista trimestral de educación comparada* (París. UNESCO: Oficina Internacional de Educación), vol. XXVII, n° 3, septiembre, págs. 503-521
30. BIGGE, M. L. y HUNT, M. P. (1970). *Bases psicológicas de la educación*. México: Trillas. 736p.
31. BIGGS, John (2005). *Calidad del aprendizaje*. España: Narcea. 295p.
32. BLANCO NIETO L., MELLADO JIMÉNEZ V. y RUIZ MACIAS C. (1997). Aprender a enseñar ciencias experimentales en la formación inicial de los maestros. *Bordón*, 49(3).275p.
33. BLANCHARD, M. y MUZÁS, Ma. (2005). *Propuestas metodológicas para profesores reflexivos*. España: Narcea. 196p.
34. BLOOM Benjamín y colaboradores (1981). *Taxonomía de los objetivos de la educación*. Buenos Aires: Ateneo. 309p.
35. BRISCOE, C. (1991).The dynamic interactions among beliefs, role methaaphores and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*. 75(2), 185-199.
36. BROCKBANK, A. y MCGILL, I. (2002). *Aprendizaje reflexivo en educación superior*. España: Morata. 311p.
37. BROUSSEAU, GUY (1986). Fondements et Méthodes de la Didactique des Mathematiques. *Recherches en didactiques des mathematiques*, 7, 2, 33-115.
38. BROWN, Sally y GLASNER, Sally (2003). *Evaluar en la universidad. Problemas y nuevos enfoques*. Madrid: Narcea. 225p.
39. BRUNER, J.(1997). *La educación puerta de la cultura*. Madrid: Visor.

40. BUCKLEY, B. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22(9), 895-935.
41. CAAMAÑO, Aureli (2001). Repensar el currículum de Química en los inicios del sigloXXI. *Alambique*. No. 29.
42. CALATAYUD, M.L. y GIL PEREZ, D. (1993).La preparación docente del profesorado de facultades de ciencias: una necesidad emergente. En: Enseñanza de las ciencias. Número extra (IV congreso).
43. CALATAYUD, M.L.; GIL, D.; GIMENO, J.V. (1992) Cuestionando el pensamiento docente espontáneo del profesorado universitario: ¿Las deficiencias en la enseñanza como origen de las dificultades de los estudiantes? *Revista Interuniversitaria de Formación*.
44. CALDERHEAD, James. Conceptualización e investigación del conocimiento profesional de los profesores. En VILLAR A., L. M. (1988). *Conocimiento, creencias y teorías de los profesores*. Alcoy: Marfil.
45. CALLEJAS, M.M. et al (2001). Renovación de los estilos pedagógicos de los profesores universitarios a través de la investigación – acción. Bucaramanga: UIS..
46. CAMILLONI, A.W., CELMAN, S., LITWIN, E. y PALOU DE MATE, M. del C. (1998). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Barcelona: Paidós.
47. CAMPANARIO, J. M. (2004). <http://www2.uah.es/jmc/>
48. CAMPANARIO, Juan M. y OTERO, José. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), p. 155-166.
49. CAMPANARIO, Juan M. (1999). La ciencia que no enseñamos. EN *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), p. 397-410.
50. CAMPANARIO, Juan M. y MOYA, Aída (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. En *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179-192.
51. CAMPS, Anna (Coordinadora) (2001). Aula como espacio de investigación y reflexión. *Investigación en didáctica de la lengua*. Barcelona: Graó. 223p.
52. CANTARERO SERVER, J. (1997).Los nuevos libros de texto: el currículum de la Reforma. *Investigación en la escuela*. Núm. 31, pp73-87.

-
53. CAÑAL, P Et al (1997). *Investigar en la escuela. Elementos para una enseñanza alternativa*. Sevilla: Díada.
 54. CAÑAL, P y PORLAN, R. (1988). Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico e investigativo. *En : Enseñanza de las Ciencias*, 6(1).
 55. CAÑAL DE LEON, P. (1987). Un enfoque curricular basado en la investigación. *Investigación en la escuela*, No. 1, p. 43-50.
 56. CAÑAS, Dora Inés (2004). El uso de la pregunta en el aula. Trabajo monográfico. Bucramanga: CEDEDUIS.
 57. CARLINO Florencia. (1999). *La evaluación educacional, historia, problemas y propuestas*. Buenos Aires: Aique.
 58. CARMONA FERNANDEZ, M. (1997). Las concepciones sobre los problemas de desarrollo. En MORENO MORENO, M. (Director) (1997). *Intervención psicoeducativa en las dificultades de desarrollo*. Barcelona: Ariel.
 59. CARRASCOSA, Jaime, GIL PÉREZ, Daniel y VALDÉS, Pablo (2005). Cómo hacer posible el aprendizaje significativo de conceptos y teorías? En *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: UNESCO. 476p.
 60. CARRASCOSA, J. y GIL PEREZ, D. (1985a). Science learning as conceptual and methodological change. *Eur. J. Sci. Educ.*, 7(3).
 61. CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y GIL, D. (1985b). Formation du professorat des Sciences et changement methodologique. *VLLémes Journées Internacionales sur l'enseignement Scientifique*, 301 308.
 62. CARRETERO, M. y LIMON, M. (1995). Problemas actuales del constructivismo. De la Teoría a la Práctica. En M. J. Rodrigo y Arnay (Eds). *La Construcción del conocimiento escolar. Ecos de un Debate*. Buenos Aires: Aique.
 63. CARTAÑA, J., COMÁS, M.C. (1994) Algunas consideraciones alrededor de la concepción constructivista de las ciencias experimentales: Dualidad entre ciencia y su enseñanza. *La Didáctica de las Ciencias Experimentales a Debate*, Universidad de Murcia: Murcia.
 64. CASTELLÓ BADÍA, Monserrat (2000). Las estrategias de aprendizaje en el proceso de composición escrita. En MONEREO FONT, C. (Coordinador) (2000). *Estrategias de aprendizaje*. Madrid: Visor. 346p.

65. CASTRO, Rúa de, GARRIDO, E. y PESSOA DE CARVALHO, A M. (1995). El papel de las actividades en la construcción del conocimiento. *Investigación en la escuela*. Núm25, pp 61-70.
66. CAZDEN, C. B. (1997). El discurso del aula. En WITTRICK, M.C. (Ed). *La investigación de la enseñanza III*. Profesores y alumnos. Barcelona: Paidós.
67. CINTAS, R. (2000). Actividades de enseñanza y libros de texto. *Investigación en la Escuela*, 40, 97-106.
68. COLL, R. K. y TREAGUST, D. F. (2003). Investigation of secondary school, undergraduate, and graduate learners` mental models of ionic bonding. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 464-486.
69. COLL, C., MARCHESI, A. y PALACIOS J. (1996) *Desarrollo psicológico y educación tomos I, II, III*. Madrid: Alianza Editorial.
70. CONTRERAS, L. C. (1987).La resolución de problemas, ¿una panacea metodológica? *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 5 N° 1, 49-52.
71. CORENA, J. CALLEJAS, M.M (1997). El aula universitaria. En: *Estudios en Pedagogía y Didáctica*, No.3.
72. CORTINA Adela. *Ciudadanos del mundo. Hacia una teoría de la ciudadanía*. Madrid: Alianza. 265p.
73. CORREDOR M. Martha Vitalia, PÉREZ A., Martha Ilce y Arbeláez L., Ruby (2007). *Estrategia de enseñanza y aprendizaje*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 153p.
74. CRICK, Francis (1989). *Que loco propósito. Una visión personal del descubrimiento científico*. Barcelona: TusQuets. 209 p.
75. DAVIDOFF,I.I. (1979). *Introducción a la Psicología*. Bogotá: McGraw Hill. 642p.
76. DAY, Christopher (2005). *Formar docentes. Cómo, cuándo y en qué condiciones aprende el profesorado*. Madrid: Narcea. 284 p.
77. DE LA TORRE Saturnino y BARRIOS Oscar (2000). *Estrategias didácticas innovadoras*. España: Octaedro P 302.
78. DE MIGUEL DÍAZ, Mario (2006). *Metodología de la enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior*. Madrid: Alianza Editorial. 230 p.

-
79. DE MORAN, J.A., DE BULLAUDE, M.E.G., DE ZAMORA, M.M.K. (1995). Motivación hacia la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 66-71.
 80. DE POSADA, J.M. (1996). Hacia una teoría sobre las ideas científicas de los alumnos: Influencia del contexto. *Enseñanza de las ciencias*. 14,(3) 303-314.
 81. DEL CARMEN, L. (1997). El conocimiento escolar: ¿interesante, útil, deseable o posible. *Investigación en la escuela*. Núm.32, , pp63-75 .
 82. DEL CARMEN, L. (1977). Objetivos de la enseñanza de las Ciencias. *Cuadernos de pedagogía*. Núm.33.
 83. DEL CARMEN, L.M. (1975). La enseñanza de las Ciencias en los estudios secundarios. *Cuadernos de pedagogía*. Núm. 1. 1-4.
 84. DELGADO, F. y GARCIA, J. (1995). (Coordinadores). *Los retos de la educación ante el siglo XXI*. Madrid: Editorial Popular.
 85. DELORS J.(1996).*La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santillana.
 86. DELVAL, J. (1996). La obra de Piaget en la educación. *Cuadernos de Pedagogía.. No.244, 56 –59*.
 87. DEWEY, John. (1998). *Democracia y educación*. Madrid: Morata. 319p.
 88. DEWEY, J. (1989). *Cómo pensamos*. Barcelona: Paidós.
 89. DEWEY John. (1960). *Experiencia y educación*. Buenos Aires: Losada..124p.
 90. DÍAZ BARRIGA ARCEO, Frida y HENÁNDEZ ROJAS, Gerardo (2002). *Estrategias para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. México: McGraw Hill. 465 p.
 91. DÍAZ BARRIGA, Frida y HERNÁNDEZ ROJAS, Gerardo (1998). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México: McGRAW-HILL. 232p.
 92. DOMENECH B. J.(1999) Proceso de enseñanza aprendizaje universitario. Castellón: *Universitas*.
 93. DRISCOLL, D.R. (1960). The Le Chatelier Principle, *Australian Science Teachers' Journal*, 6, [3], 7-15.
 94. DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE A.(1996). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC- Morata.

95. DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2),109-120.
96. DRIVER, R. y BELL, B. (1986). Student's thinking and learning of science: a constructivist view. *School Science Review*, 67.
97. DRIVER, R. (1981). Pupils` alternative frameworks in science. *European Journal of Science Education*, 3(1), 93-101.
98. DRIVER, R. y EASLEY, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
99. DUSCHL, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Narcea
100. DUSCHL, R.A. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias*. 13(1) 3-13.
101. DUSCHL, R.A., y GIMOTER, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: Implications for educational practice *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9), pp. 839- 858.
102. EGAN, G. *The Skilled helper*. California: Brooks/cole Publishing Company, 1994. En DAY, Christopher (2005). *Formar docentes. Cómo, cuándo y en qué condiciones aprende el profesorado*. Madrid: Narcea. 284 p.
103. ELLIOT, J. (1994). *La investigación - acción en educación*. Madrid: Morata.
104. ELLIOT, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación - acción*. Madrid : Morata.
105. ERICKSON, F.(1977): "Some approaches to injury in school-community ethnography". *Anthropology and Education Quarterly*, 8. 56-69.
106. ESCOBEDO, M. y FURIÓ, C.J. (1993). ¿Cómo se presenta y razona el equilibrio químico en los libros de texto? *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra (IV Congreso).
107. ESCOBEDO, M. y FURIÓ, C.J. (1992). La fijación funcional en el aprendizaje de la Química. Un ejemplo paradigmático: El principio de Le Chatelier. *Segundo Coloquio Internacional*. Málaga.
108. ESCUDERO ESCORZA, Tomás (1995). La evaluación de las actitudes científicas. *Alambique*. No. 4 abril. 33-41p.

-
109. ESTÉVEZ NÉNNINGER, Ety Haydeé (2002). *Enseñar a aprender Estrategias Cognitivas*. Barcelona: Paidós. 224p.
 110. FERGUSON, Marilyn (1998). *La conspiración de acuario. Transformaciones personales y sociales en este fin de siglo*. Barcelona: Cairos. 547p.
 111. FERNÁNDEZ, Isabel, GIL, Daniel, CARRASCOSA, Jaime, CACHAPUZ, António y PRAIA, João (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*. Vol 20 (3), pp.477-488.
 112. FERNÁNDEZ Pérez M. (1995). *Evaluación y cambio educativo: El fracaso escolar*. Madrid: Morata. 4ed. 42p.
 113. FEUERSTEIN, R. (1994). L' experience de l'apprentissage médiatisé. En BENTOLILLA, A. (1994). *Les entretiens de Nathan*. Paris: Nathan.
 114. FINLEY, F.N., STEWART, J. y YARROCH, W.L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66 (4) 531-538.
 115. FOSHAY, A. W. (1994). Action research: An early history in the United States. *Journal of Curriculum and Supervision*, 9, 317-325
 116. FURIÓ MÁS, C. y DOMÍNGUEZ SALES, C. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (2), pp. 241-258.
 117. FURIÓ MÁS, C., CALATAYUD, M^a. L. y BÁRCENAS, S. (2007). Surveying students' conceptual and procedural knowledge of acid-base behavior of substances. *Journal of Chemical Education*. Vol 84 N^a 10, p 1717.
 118. FURIÓ MÁS, C., SOLBES, J. y CARRASCOSA, J., (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. Resultados y perspectivas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, No. 48, pp 64-77.
 119. FURIÓ, C. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química. Una cuestión controvertida. *Educación Química*, 17 (extra) 222-227-
 120. FURIO GÓMEZ, C., SOLBES MATARREDONA, J. y FURIÓ MÁS, C. (2006). Análisis crítico de la presentación del tema de termoquímica en libros de texto de bachillerato y Universidad. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 20, pp. 47-68.

121. FURIÓ MÁS, C. J., PAYÁ, José y VALDÉS, Pablo (2005). ¿Cuál es el papel del trabajo experimental en la educación científica? En *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: UNESCO. 476p.
122. FURIÓ, C., VALDÉS, P. y GONZALEZ DE LA BARRERA, L. 2005. Transformación de las prácticas de laboratorio de química en actividades de resolución de problemas de interés profesional. *Educación Química*, 16 (1), 20-29. México.
123. FURIÓ MÁS, C., CALATAYUD, M^a.L., GISASOLA, J., FURIO GÓMEZ, C. (2005). How are the concepts and theories of acid-base reactions presented? Chemistry in textbooks and as presented by teachers. *Journal of Science Education*, 27 (11), 1337-1358.
124. FURIÓ MAS, C. J. y GUIASOLA, J. (2001). La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las Ciencias*. 19 (2), 319-334.
125. FURIÓ MAS, C. J. (2001). La enseñanza - aprendizaje de las ciencias como investigación: un modelo emergente. En GUIASOLA ARANZABAL, Jenaro y PÉREZ de EULATE GONZÁLEZ, Lourdes. *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo de enseñanza – aprendizaje como investigación orientada*. Bilbao: Itxaropena.
126. FURIO MAS, C. J. y FURIO, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*. 11 [3].
127. FURIO MÁS, C., DOMINGUEZ, C., ASCONA, R. y GUIASOLA, J. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento químico. En PERALES PALACIOS, Francisco Javier y CAÑAL de LEÓN, Pedro (2000). *Didácticas de las ciencias experimentales*. España: Marfil. 703p.
128. FURIÓ, C., CALATAYUD, M. L., BÁRCENAS, S. L. & PADILLA, O. M. (2000). Functional Fixedness and Functional Reduction As Common Sense Reasonings in Chemical Equilibrium and in Geometry and Polarity of Molecules. *Science Education*. 2000, 84, 5: 545-565.
129. FURIÓ, C. y CALATAYUD, M. L. (2000). Fijación y reducción funcionales como razonamientos de sentido común en el aprendizaje de la química (1): Equilibrio químico. *Revista de Educación en Ciencias*, 1(1), 6-12.
130. FURIO MAS, C. J. (1997). Dificultades procedimentales en el aprendizaje de la química: La fijación y la reducción funcionales. En ORO, L.A. et al (1997). *Aspectos didácticos de física y química*. (Química) 7. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. 251p.

-
131. FURIÓ, C. Y CALATAYUD M. L. (1996). Difficulties with the Geometry and Polarity of Molecules: Beyond Misconceptions. *Journal of Chemical Education*, Vol 3, (1), 37-41.
132. FURIÓ, C. (1994) Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 188-199.
133. FURIO, C., y ESCOBEDO, M. (1994). La fijación funcional en el aprendizaje de la química. Un ejemplo paradigmático: usando el principio de Le Chatellier. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. N°8, 109-124.
134. FURIÓ MÁS, C. J. y GIL PÉREZ, D. (1989). Didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: Una orientación y un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las ciencias*, 7 (3) 257- 265.
135. FURIÓ, C. y HERNANDEZ, J. (1988). Aportaciones de la Investigación Didáctica al Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Química. En *Aspectos Didácticos de Física y Química* (Química), 3. Zaragoza: Universidad de Zaragoza
136. FURIÓ, C., HERNÁNDEZ PEREZ, J. y HARRIS, H. (1987). Parallels between adolescents` conception of gases and the history of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64 (7), 616-618.
137. FURIO, C. y ORTIZ, E. (1983). Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. *Enseñanza de las Ciencias*. 1, (1), 15-20.
138. GABEL, D. (1998). The Complexity of Chemistry and Implications for Teaching. *International Handbook of Science Education*, 233-248. B. J. Fraser y K. G. Tobin (eds). Great Britain: Kluwer Academic Publishers.
139. GAGNÉ, E.D. (1991). *La Psicología cognitiva del aprendizaje escolar*. Madrid: Visor.
140. GAGNÉ, Robert M. (1977). *Principios básicos del aprendizaje para la instrucción*. México: Diana. 199p.
141. GANARAS, K. (1998). *La conceptualisation des equilibres chimiques*. These de Doctorat. Ecole Normale Superieure de Cachan. France.
142. GARCIA GARCIA, José Joaquín (2003). *Didáctica de las ciencias. Resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Bogotá: Cooperativa editorial MAGISTERIO. 299 p.

-
143. GARCÍA J. Eduardo y GARCÍA Francisco F. (1993). *Aprender investigando. Una propuesta metodológica basada en la investigación*. Sevilla: Díada
144. GARCÍA GONZÁLEZ, Enrique (1991). *PIAGET: La formación de la inteligencia*. México: Trillas.
145. GARCÍA GONZÁLEZ, Enrique (2002). *PIAGET: La construcción histórica de la psique*. México: Trillas.
146. GARCÍA MADRUGA, Juan A. Aprendizaje por descubrimiento frente a aprendizaje por recepción: la teoría del aprendizaje verbal significativo. En COLL, C., MARCHESI, A. y PALACIOS J. (1997) *Desarrollo psicológico y educación tomos I, II, III*. Madrid: Alianza Editorial.
147. GARCIA, J. Eduardo. (1995). Fundamentos para la construcción de un modelo sistémico en el aula. En PORLÁN, R., GARCIA, E. J., y CAÑAL, P., (1995). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada.
148. GARCIA, J. Eduardo y GARCIA, Francisco F. (1993). *Aprender investigando. Una propuesta metodológica basada en la investigación*. Sevilla: Díada. 93p.
149. GARCÍA, J.J., y CAÑAL, P. (1997). Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. En CAÑAL, P et al (1997). *Investigar en la escuela. Elementos para una enseñanza alternativa*. Sevilla: Díada.
150. GARCÍA, J. J. (1988). *Didáctica de las Ciencias. Resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Medellín: Colciencias – Universidad de Antioquia.
151. GARCÍA, J.E. (1988). Fundamentos para la construcción de un modelo sistémico de aula. En: *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla : Díada.
- 131) GARCÍA Valcárcel, A. (coord.) (2001). *Didáctica universitaria*. Madrid: La muralla.
152. GARDNER, H.(1995) *Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Barcelona: Paidós.
153. GARGALLO López Bernardo (2000). *Procedimientos. Estrategias de aprendizaje. Su naturaleza, enseñanza y evaluación*. Valencia: Tirant lo Blanch.

-
154. GARNET, P.J., GARNET, P. J. y HACKLING, M. W. (1995). Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
155. GARRET, R. M. (1989). Resolución de problemas, creatividad y originalidad. *Revista Chilena de Educación Química*. Vol 14, N°1-2.
156. GARRITZ RUIZ, ANDONI (2000). Más sobre ideas previas y enseñanza de la química. *Educación Química*, segunda época, 11[3].
157. GARRITZ RUIZ, Andoni y IRAZOQUE PALAZUELOS, Glinda (2004). El trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual en la química de polímeros. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* No. 39. pp. 40-51.
158. GELI DE CIURANA, Ana María (1995). La evaluación de los trabajos prácticos. *Alambique*. No. 4. abril. 25-32.
159. GENÉ, A. y GIL, D. (1987). Tres principios básicos en el diseño de la formación del profesorado. *Andecha Pedagógica*, 18, pp. 28-30.
160. GENYEA, J. (1983). Improving students problem solving skill; a methodical approach for a preparatory chemistry course. *Journal of Chemical Education*. Vol. 60 No.5, 478-482.
161. GILGARD, Ernest y BOWER, Gordon (1977). *Teorías del aprendizaje*. México: Trillas. 718p.
162. GIL PÉREZ, Daniel, VALDÉS, Pablo y VILCHES, Amparo (2005). ¿Cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual? En *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: UNESCO. 476p.
163. GIL PÉREZ, Daniel y MARTÍNEZ TORREGROSA, Joaquín (2005). La evaluación como instrumento de regulación y mejora del proceso de enseñanza/aprendizaje. En *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: UNESCO. 476p.
164. GIL, Daniel y VILCHES, Amparo (2004). La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. *Cultura y Educación*, 16(3), 259-272.
165. GIL PÉREZ, Daniel y PESSOA de CARVALHO, Ana María (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación en didáctica e innovación didáctica de las Ciencias. *Educación Química*, 11(2), 244-273.

166. GIL PÉREZ, Daniel y MARTÍNEZ TORREGROSA, Joaquín (1998). La evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje de las Ciencias. Valencia: Universidad de Valencia (Apuntes de clase).
167. GIL PÉREZ, Daniel y PESSOA de CARVALHO, Ana María, FORTUNY Joseph M. y AZCÁRATE, Carmen (1994). *Formación del profesorado de las ciencias y la matemática. Tendencia y experiencias innovadoras*. España: Popular.
168. GIL, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; RAMIREZ, L.; DUMAS-CARRÉ, A.; GOFARD, M.; PESSOA DE CARVALHO, A. M. (1992). La didáctica de la resolución de problemas en cuestión: elaboración de un modelo alternativo. *Didáctica de las Ciencias experimentales y sociales*. No. 6. Valencia: Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia.
169. GIL D. (1991). ¿Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 9(1), pp. 69-77.
170. GIL D., CARRASCOSA J., FURIÓ C., y MARTINEZ - TORREGROSA J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en educación secundaria*. Barcelona: ICE/HORSORI.
171. GIL P., D., CALATAYUD A., Ma. L., CARBONEL G., F., CARRASCOSA A., J., FURIO M., C. J., GRIMA R., J., HERNANDEZ P., J., MARTINEZ T., J., PAYA P., J., RIBO C., J., SOLBES M., J., VILCHES P., A. (1990). La construcción de las Ciencias Físico-Químicas: Programa guía de trabajo y comentarios para el profesor. Valencia: Universidad de Valencia. 334p.
172. GIL, D., DUMAS-CARRE, A., CAILLOT, M., MARTINEZ TORREGROSA, J. y RAMIREZ, L. (1989). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la escuela*. No. 6, 3-20.
173. GIL, D., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. y SENENT PÉREZ, F. (1988). Investigación y experiencias didácticas: El fracaso en la resolución de problemas de física. Una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol 6 No.2 131-146p.
174. GIL D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 1(1), 26-33.
175. GIMENO Sacristán José (1995). *El currículo: una reflexión sobre su práctica*. Madrid: Morata.

-
176. GIMENO SACRISTÁN, J. y PEREZ GÓMEZ, D.(1989). *La Enseñanza: Su teoría y su Práctica*. España: Akal, 480p.
177. GIORDAN A. y De VECCHI G. (1995). *Los orígenes del saber*. Sevilla: Diada.
178. GITOMER y DUSCHL (1998). Emerging issues and practices in science assessment. En B.J. Fraser and K.G. Tobin (eds) *International Hambook of Science Education*, 791-810. Great Britain: Kluver Academic Publishers.
179. GOETZ, J., y LeCOMPTE, M. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata.
180. GÓMEZ-GRANEL, Carmenza y COLL, César (1994). De qué hablamos cuando hablamos de constructivismo. *Cuadernos de Pedagogía*. No. 221. 1-5p.
181. GOMEZ I. (1996). Enseñanza y aprendizaje. *Cuadernos de pedagogía*. Núm250.53-60.
182. GÓMEZ, P., KILPATRICK, J. y RICO, L. (1995). *Educación matemática*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
183. GOOD, T. L. y BROPHY, J. 1997. *Psicología educativa contemporánea*. México: McGraw-Hill,
184. GONZÁLEZ-PINEDA, Julio Antonio, NÚÑEZ PÉREZ, José Carlos, ÁLVAREZ PÉREZ, Luis y SOLER VÁZQUEZ (Coordinadores) (2002). *Estrategias de aprendizaje. Concepto, evaluación e intervención*. Madrid: Pirámide.178 p.
185. GORODETSKY, M. y GUSSARSKY, E. (1986). Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods. *Eur. J. Sci. Educ.* Vol. 8, N°4, 427-441.
186. GOWIN D.B. y NOVAK J.D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
187. GRAPÍ, P. e IZQUIERDO, M. (1997). Berthollet's Conception of Chemical Change in Context. *Ambix*. Vol. 44. Part 3. November.
188. GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN LA ESCUELA (1991). *Proyecto curricular "Investigación y Renovación Escolar"* (IRES), 4 vol, Sevilla: Díada.
189. GRUNDY, S. (1991). *Producto o praxis del currículum*. España: Morata, 278p.

-
190. GUBA, E. y LINCOLN, Y. (1985). *Effective evaluation*. San Francisco: Jossey-Bass.
191. GUIASOLA, J., ALMUDÍ, J.M. Y FURIÓ, C. (2005). The nature of science and its implications for physics textbooks. The case of classical magnetic field theory. *Science & Education*, 14: 321-328.
192. GUIASOLA ARANZABAL, Jenaro y PÉREZ de EULATE GONZÁLEZ, Lourdes (Eds.) (2001). Presentación. En *Investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo de enseñanza – aprendizaje como investigación orientada*. Bilbao: Itxaropena.
193. HACKLING, M. W., GARNETT, P.J. (1985). Misconceptions of Chemical Equilibrium, *Eu. J. Sci. Educ.*, vol. 7, n°. 2, 205-214.
194. HAMEED, H., HACKLING, M. W., GARNETT, P. J. (1993). Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using a CAI strategy. *Int. J. Sci. Ed.* Vol. 15 N° 2, 221-230.
195. HARLEN, W.(1998). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Morata.
196. HASHWEH, M. Z. (1986). Towards an Explanation of Conceptual Change. *European Journal of Science Education*, 8(3) 229-249.
197. HERNÁNDEZ BUSTOS, Alfonso (1991). *La clase*. Bucaramanga: ASED. 64p.
198. HERNÁNDEZ Fernando y SANCHO Juana María (1994). *Para enseñar no basta con saber la asignatura*. Barcelona: Paidós. P 222.
199. HERNÁNDEZ, P. (1989). *Psicología de la educación y enseñanza universitaria*: Santa Cruz de Tenerife: ICE.
200. HEWSON, P.W., Y HEWSON M.G(1988). An appropriate conception of teaching science: A view from studies of science learning. *Science Education*. 72(5), 597-614.
201. HILL, W. F.(1980). *Teorías contemporáneas del aprendizaje*. Barcelona: Paidós.
202. HODSON, D.(1985). Philosophy of science, science, science and science education. *Studies in Science Education*. 12, 25-57.
203. HOLTON, G. (1982). *Ensayos sobre el Pensamiento Científico en la Epoca de Einstein*. Madrid: Alianza Universidad.

-
204. HOLTON, Gerald. (1969). *Ciencia y Cultura*. Buenos Aires: Bibliográfica Omeba..
205. HOWE, Michael (2000). *Psicología del aprendizaje. Una guía para el profesor*. México: Oxford. 165p.
206. IRAZOQUE PALAZUELOS, Glinda; ZAMORA ROSETA, María Kenia y GARRITZ RUIZ, Andoni (2005). La resolución de problemas como centro constructor en la enseñanza de la termodinámica. En *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII CONGRESO.
207. IZQUIERDO AYMERICH, Mercè (2006). Por una enseñanza de las Ciencias fundamentada en valores humanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Julio-Septiembre, VOL. 11, NÚM. 30, PP. 867-882.
208. JACKSON Ph. W.(1996). *La vida en las aulas*. España : Morata, 216p.
209. JASPER, Kart. La idea de la universidad. En FICHTE J.T. et al (1945). La idea de la universidad en Alemania. Buenos Aires: Sudamericana. 475p.
210. JOHNSTONE, A., MACDONALD, J., WEBB, G. (1977). Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*. V. 14, N° 6, p. 169-171.
211. JORDAAN, F. (1993). Disturbing Le Chatelier 's principle. *Australian Journal of Chemical Education*, 38, 9-15.
212. KEAN, E. y MIDDLECAMP, C. (1969). Generic a harder problems. Teaching problem solving. *Journal of Chemical Education*. Vol 64, No. 6, 516-517.
213. KELLY, W.A. (1982). *Psicología de la educación*. Madrid: Morata. 683p.
214. KEMMIS Stephen y McTAGGART Robin (1992). *Cómo planificar la investigación- acción*. Madrid: Laertes. 199p.
215. KNIGHT, Meter T. (2006). *El profesorado de educación superior*. Madrid: Narcea. 286p.
216. KOSÍK, Frantisek (1996). *Ángel de la paz*. México: Trillas.
217. KUETE, James L. (1971). *Los procesos de enseñar y aprender*. Buenos Aires: Paidós. 192p.
218. KUHN, D. (1993). Science as argument: Impications for teaching and learning Scientific thinking. *Science Education*. 77(3)319-337.

-
219. LENKE, Donald A. (1972). *Educación con programa guía. Orientación en América Latina*. Buenos Aires: Guadalupe. 291p.
220. LEON, Orfelio y MONTERO, Ignacio (1998). *Diseño de investigaciones*. Madrid: McGraw - Hill. 392 Págs.
221. LEVERE, TREVOR, H. (1971). *Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy 1800 – 1865*. Oxford: Clarendon Press.
222. LITWIN Edith (1997). *Las configuraciones didácticas*. Argentina: Paidós. 160p.
223. LLORENS M., J. A. (1991). *Comenzando a aprender química. Ideas para el diseño curricular*. Madrid: Visor.
224. MACEDO, Beatriz (2005). ¿Cuáles son los propósitos de este libro? En *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: oreal/UNESCO. 476p.
225. MAJIMUTOV, M.J. (1972). *Teoría y práctica de la enseñanza problemática*. U.R.S.S.: Kazzan 125p.
226. MARCELO G., C. (1996). El desarrollo de la reflexión en profesores principiantes. *Bordón* 48 (1), pp 5-26.
227. MARTINAND, J. L. (1993). Histoire et didactique de la physique et de la chimie: quelles relations?. *Didaskalia*, 2, 89-99.
228. MARTÍNEZ LLANTADA, M. (1986). *Categorías, principios y métodos de la enseñanza problemática*. Cuba: Pueblo y educación. P 9.
229. MARTÍNEZ TORREGROSA, Joaquín y SIFREDO, Carlos (2005). ¿Cómo convertir los problemas de lápiz y papel en auténticos desafíos de interés? En *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile: UNESCO. 476p.
230. MAYOR RUIZ, C. (1996). Los problemas y necesidades de los profesores principiantes universitarios. *Bordón* 48 (1), , pp 27-52.
231. MELLADO JIMENEZ, RUIZ MACÍAS Y BLANCO NIETO (1997). Aprender a enseñar ciencias experimentales en la formación inicial de maestros. *Bordón* 49 (3), 1997, pp. 275- 288.
232. MEMBIELA, Pedro (2001). Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las Ciencias. En MEMBIELA, Pedro (ed) (2001). *Enseñanza*

- de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad*. Madrid: Narcea 231p.
233. MERCER, Neil (1997). *La construcción guiada del conocimiento. El habla de profesores y alumnos*. Barcelona: Paidós. 145p.
234. MONCALEANO R., Hernando, FURIÓ, Carlos, HERNÁNDEZ, Juan y CALATAYUD, Ma. L. (2003). Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. En *Enseñanza de las Ciencias*, 2003, Número extra, 111-118 .
235. MONEREO FONT, C. (Coordinador) (1997). *Estrategias de aprendizaje*. Madrid: Visor.
236. MOREIRA, Marco Antonio (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor. 100p.
237. MOYANO FERRER, Alberto (1995). Poder de la evaluación. Mundo privativo del maestro. En ROMERO, Ana Dolores et al (1995). *La evaluación escolar*. Manizales: Universidad de Caldas. 146p.
238. NAKHLEAND, M.B. y MITCHELL, R.C. (1993). Concept learning versus problems solving, there is difference. *Journal of Chemical Education*. Vol 70 No. 3, 190-192.
239. NAKHLEH, Mary B. (1992). Why some students don't learn Chemistry. *Journal of Chemical Education*. Volumen 69 No 3. 191-196.
240. NIEDA, J. (1994). Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en la Enseñanza Secundaria. *Alambique*, 2, 15-20.
241. NOVAK J.D. El constructivismo humano: hacia la unidad en la elaboración de significados psicológicos y epistemológicos. En PORLÁN, R., GARCIA, E. J., y CAÑAL, P., (1995). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada.
242. NOVACK, Joseph D. y GOWIN, D. Bob. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca. P 228.
243. ONTORIA, A., Gómez, J. P., Molina, A., Luque, A. (2006). *El aprendizaje centrado en el alumno. Metodología para una escuela abierta*. Madrid: Narcea. 180p.
244. OHLSSON, S. (1992). The cognitive skill of theory articulation: An neglected aspect of science education. *Science & Education*, 1, 181-192.
245. OLSON, M. (1991). *La Investigación-Acción entra al Aula*. Buenos Aires : Aique.

-
246. ONTORIA, A, GÓMEZ, J.P.R. y MOLINA, A (2005). *Potenciar la capacidad de aprender y pensar*. Madrid: Nancea. 189p.
247. OSBORNE, Roger y FREYBERG, Peter (1995). *El aprendizaje de las ciencias*. Madrid: Narcea. 301p.
248. PASTOR CARBALLO, R. (1994). *Interacción educativa. Cognición, conocimiento y motivación*. Valencia: SERVEI.
249. PERAFÁN, E., Gerardo Andrés (1997). *Pensamiento docente y práctica pedagógica: Una investigación sobre el pensamiento práctico de los docentes*. Santafé de Bogotá: Magisterio, (Colección Mesa Redonda).
250. PERALES P., F.J. (2000). *Resolución de problemas*. España: Síntesis.
251. PERALES PALACIOS, Francisco Javier y CAÑAL de LEÓN, Pedro (2000). *Didácticas de las ciencias experimentales*. España: Marfil. 703p.
252. PEREZ E, María del P., POZO, Juan I. y RODRIGUEZ, Belén (2001) Las concepciones sobre el aprendizaje en los estudiantes universitarios: El aprendizaje como producto o como proceso. En: Moreno, C y Pozo J.I (comps). *Las estrategias de aprendizaje en la universidad*. Barcelona: Paidós.
253. PEREZ GOMEZ, A. I. Las funciones sociales de la escuela: De la reproducción a la construcción crítica del conocimiento y la experiencia. En GIMENO SACRISTÁN J., Y PÉREZ GÓMEZ A.I. (1994). *Comprender y transformar la enseñanza*. Madrid: Morata, 3ed.
254. PIATÓN, Georges (1989). *La confianza en el ser humano*. México: Trillas.
255. PINTÓ, R., ALIBERAS, J., y GÓMEZ, R. (1996) Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *En Investigación y experiencias didácticas*. 14(2) 221-232.
256. POLYA, G. (1994). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas.
257. POPE, M. y GILBERT, E. M. (1983). La experiencia personal y la construcción del conocimiento en las ciencias. En PORLAN, R., GARCIA, J. E. y CAÑAL, P. (1995). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada 201p.
258. POPPER, K. (1991). *La lógica de la investigación científica*. México: Rei. 262p.

-
259. PORLAN ARIZA, R., (1999). Hacia un modelo de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias por investigación. En KAUFMAN Miriam y FUMAGALLI Laura (1999). *Enseñar ciencias naturales*. Buenos aires: Paidós. P 270.
260. PORLAN ARIZA, R., RIVERO GARCIA A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: Teoría, métodos e instrumentos. En *Enseñanza de las ciencias*, 15 (2) 155 – 171.
261. PORLÁN, R., GARCIA, E. J., y CAÑAL, P., (1995). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada.
262. POSNER G, STRIKE K. HEWSON P. Y GERTZOG W. (1982). Acomodación de un concepto científico: hacia una teoría del cambio conceptual. Págs 89 –112. En PORLÁN, R., GARCIA, E. J., y CAÑAL, P., (1995). *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Díada. P 201.
263. POZO Municio, Juan Ignacio (2003). *Adquisición de conocimiento*. Madrid: Morata. 271p.
264. POZO, J.I.; MONEREO, C. y CASTELLÓ, M. (2002). El uso estratégico del conocimiento. En C. Coll; J. Palacios y A. Marchesi. *Desarrollo psicológico y educación. Psicología de la educación escolar*. Madrid: Alianza.
265. POZO Municio, Juan Ignacio (2001). *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata. 239p.
266. POZO MUNICIO, J.I. (1999). *Aprendices y maestros. La nueva cultura de aprendizaje*. Madrid: Alianza p 383.
267. POZO MUNICIO, J.I.; PEREZ ECHEVERRIA, M. del P.; DOMINGUEZ CASTILLO, J.; GOMEZ CRESPO, M. A. y POSTIGO ANGON, Y. (1999). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana. 230p.
268. POZO J.I., y GOMEZ CRESPO M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata. 331p.
269. POZO, J. I.(1997a) La crisis de la educación científica o volver a lo básico o volver al constructivismo?. *Alambique*. No. 14.91-104.
270. POZO, J. I.(1997b). Estrategias de aprendizaje. En COLL, C., MARCHESI, A. y PALACIOS J. (1996) *Desarrollo psicológico y educación tomos I, II, III*. Madrid : Alianza Editorial.
271. POZO, Juan Ignacio (1993). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata. 243p.

272. POZO, J.I. (1987) La historia se repite: Las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad. *Infancia y Aprendizaje*, 38, 69-87.
273. PRIETO SÁNCHEZ, María Dolores (1989). *La modificabilidad estructural cognitiva y el programa de enriquecimiento instrumental de R. Feuerstein*. Madrid: Bruño. 350p.
274. QUILEZ PARDO, Juan (1998). Dificultades semánticas en el aprendizaje de la química: el principio de Le Chatelier como ejemplo paradigmático. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. No. 17. 105-111.
275. QUILEZ PARDO, JUAN (1997). Superación de errores conceptuales del equilibrio químico mediante una metodología basada en el empleo exclusivo de la constante de equilibrio. *Educación Química* 8[1] 46 – 54.
276. QUILEZ PARDO, JUAN y SOLAZ, J.J. (1996a). Una formulación sencilla, cuantitativa y precisa para el principio de Le Chatelier, *Educación Química*, 7[4].
277. QUILEZ, J. y SANJOSE, V. (1996b). El principio de Le Chatelier a través de la historia y su formulación didáctica en la enseñanza del equilibrio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 381-390.
278. QUILEZ PARDO, Juan y SOLAZ, J.J. (1995a), Students' and teachers' misapplication of the Le Chatelier's principle. Implications for the teaching of chemical equilibrium. *Journal Res. Sci. Teach.*, 33 [9], 939-957.
279. QUÍLEZ, J. y SOLAZ, J.J. (1995). Evolución histórica del principio de Le Chatelier, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12 [2], 123-133.
280. QUILEZ, J. y SANJOSE, V. (1995). Errores Conceptuales en el Estudio del Equilibrio Químico: Nuevas Aportaciones Relacionadas con la Incorrecta Aplicación del Principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias*.13 (1).72-79.
281. QUILEZ PARDO, Juan (1995). El principio de Le Chatelier: un obstáculo metodológico en la enseñanza y el aprendizaje del equilibrio químico. *Tesis doctoral. Departamento de didáctica de las Ciencias experimentales y Sociales. Universidad de Valencia*. Valencia: Universidad de Valencia.
282. QUÍLEZ, J., SOLAZ, J. J., CASTELLÓ, M. Y SANJOSÉ, V. (1993). La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico. Limitaciones del principio de Le Chatelier, *Ens. Cien.*, 11 [3], 281-288.
283. REYES MARTÍN, José Vicente (2001). En GUIASOLA ARANZABAL, Jenaro y PÉREZ de EULATE GONZÁLEZ, Lourdes. Investigaciones en

- didáctica de las ciencias experimentales basadas en el modelo de enseñanza – aprendizaje como investigación orientada. Bilbao: Itxaropena.
284. ROCHA, Adriana, SCANDROLI, Norberto; DOMÍNGUEZ CASTIÑEIRAS, José Manuel y GARCÍA-RODEJA, Eugenio (2000). Propuesta para la enseñanza del equilibrio químico. *Educación Química* 11[3] 343 – 352.
285. ROCKE, A. (1989). *Chemical Atomism in the Nineteenth Century*. From Dalton to Cannizzaro. Ohio State University. Press, Columbus.
286. RODRÍGUEZ BARREIRO, L.M., GUTIÉRREZ MUZQUIZ, F.A. y MOLLEDO CEA, J. (1992). Una propuesta integral de evaluación en Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (3).
287. RODRIGO, M. J. y ARNAY, J. (Compiladores)(1997). La construcción del conocimiento escolar. Barcelona: Paidós.
288. RODRIGO, M. J. (1994). Contexto y desarrollo social. Madrid: Síntesis.
289. RODRIGO, María José, RODRIGUEZ, Armando y MARRERO, Javier (1993). Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano. España: Visor.
290. ROSAS, Ricardo y SEBASTIÁN, Christian (2001). Piaget, Vigotsky y Maturana. Constructivismo a tres voces. Argentina: Aique. 111p.
291. ROTH, Kathleen J. (1994). Leer los textos de Ciencias en busca del cambio conceptual. En MINNICK SANTA, C. y ALVERMANN, D. (1994). *Una didáctica de las ciencias procesos y aplicaciones*. Argentina: Aique. 313p.
292. RUIZ CORBELLA, M. (1998). La integración de saberes, condición para la sociedad cognitiva. *Revista de Ciencias de la Educación*. Núm. 173 enero-marzo pp.43-58.
293. SALGUEIRO CALDEIRA, A. M. (1997). La práctica docente en el aula: el proceso de negociación. *Investigación en la escuela* Núm 31, pp. 63-71.
294. SÁNCHEZ VÁZQUEZ, Adolfo (1981). *Ética*. México: Grijalbo. 285p.
295. SÁNCHEZ, G.; VALCÁRCEL, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 33-44.
296. SANT'ANNA, Flavia María (1982). *Microenseñanza y habilidades y técnicas del profesor*. México: McGraw Hill. 198p.
297. SANTOS GUERRA, Miguel Ángel (2003). *Una flecha en la diana. La evaluación como aprendizaje*. Madrid: Narcea. 124p.

298. SANMARTÍ, Neus y ALIMENTI, Graciela (2004). La evaluación refleja el modelo didáctico: análisis de actividades de evaluación planteadas en clases de química. *Educación Química*.15 (2).
299. SATTERLY, D. y SWANN, N (1988). Los exámenes referidos al criterio y al concepto de Ciencias: Un nuevo sistema de evaluación. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3).
300. SHAVELSON, R. Y STERN, P. Investigación sobre el pensamiento pedagógico del profesor, sus juicios, decisiones y conducta, En: GIMENO SACRISTÁN, J. Y PÉREZ, A. La enseñanza: su teoría y su práctica. 3ed. Madrid : Akal, 1989.
301. SCHWAB, J. (1969). Un enfoque práctico como lenguaje para el curriculum En GIMENO Sacristán José y PÉREZ Gómez Ángel (1989). *La enseñanza su teoría y su práctica*. Madrid: Akal. 480p.
302. SIERRA, B., y CARRETERO, M. En COLL, C.(1996) *Desarrollo psicológico y educación tomos I, II, III*. Madrid : Alianza Editorial.
303. SOLAZ, J.J. Y QUÍLEZ, J. (1995d). Thermodynamics and the Le Chatelier's principle, *Rev. Mex. Fis.*, 41 [1], 128- 138.
304. SOLBES, J. y VILCHES, A.. (1997). STS Interactions and the Teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81, 377-386.
305. STAVRIDOU, H. y SOLOMONIDOU, C. (2000). Représentations et conceptions des élèves grecs par rapport au concept d'équilibre chimique. *Didaskalia*, nº 16. Pp. 107 à 134.
306. STENHOUSE Lawrence (1993). *La investigación como base de la enseñanza*. Madrid: Morata.
307. STONE Wiske Martha (1999). *La enseñanza para la comprensión . La vinculación entre la investigación y la práctica*. Argentina: Paidós. 446p.
308. SUÁREZ ARROYO, Benjamín (2005). La formación en competencias: un desafío para la educación superior del futuro. Barcelona En www.mec.es/univ/html/convocatorias/bolonia/promotores/LaFormacionCompetencias.pdf .
309. SUÁREZ PAZOS, Mercedes (2002). Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación En *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 1 N° 1*.
310. TAPIA, J.A. (2001) motivación y estrategias de aprendizaje. Principios para su mejora en alumnos universitarios. En GARCÍA Valcárcel (coord.) (2001). *Didáctica universitaria*. Madrid: La muralla.

-
311. TÉBAR BELMONTE, Lorenzo (2003). *El perfil del profesor mediador pedagogía de la mediación*. España: Santillana. 391p.
312. TENBRINK, TERRY D. (2005). *Evaluación. Guía práctica para profesores*. Madrid: Narcea. 460p.
313. TOBÓN FRANCO, Rogelio (2004). *Estrategias comunicativas en la educación. Hacia un modelo semiótico-pedagógico*. Medellín: Universidad de Antioquia. 121p.
314. TOURIÑAN LÓPEZ J.M. (1995). Las exigencias de la profesionalización como un principio del sistema educativo. *Revista de Ciencias de la Educación*. Núm. 164 octubre- diciembre, pp. 411-437.
315. TRAVERS, Robert M.W. (1979). *Introducción a la investigación educacional*. Buenos Aires: Paidós 525p.
316. TYSON, Louise, TREAGUST, David F. y BUCAT, Robert B. (1999). The complexity of teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*. Vol 76 No. 4.
317. VAN DRIEL, Jan H. (1998). Developing secondary students' conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*. Vol 20, No. 4, 379- 392.
318. VERGNAUD, G. (1994). "Sobre el constructivismo". En: Ontiveros Quiroz, S. J. (comp.) *Antología. Aspectos epistemológicos de la educación matemática*. Centro de Investigación en Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Querétaro: México.
319. VIENNOT, L (1989). La didáctica en la enseñanza superior, ¿PARA QUÉ?. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(1) 3- 13.
320. VILLAR Angulo Luís Miguel (1988). *Conocimiento, creencias y teorías de los profesores*. Alcoy: Marfil. 326p.
321. VILLORO, Luís (1998). *El poder y el valor. Fundamentos de una ética política*. México: Fondo de cultura económica. 401p.
322. VYGOTSKY, L. *Pensamiento y lenguaje*. España: Paidós, 1995.
323. WAAGE, P. y GULDBERG, C. M. (1964). *Forhandlinger: Videnskabs-SELSKABET i CHRISTIANA, 1864*, 35. <http://chimie.scola.ac-paris.fr/>
324. WESTBROOK, Robert B. (1993). Perspectivas: *revista trimestral de educación comparada* (París, UNESCO: Oficina Internacional de Educación), vol. XXIII, nos 1-2, págs. 289-305.

325. WEISSMANN, H. (compiladora) (1993). *Didáctica de las ciencias naturales. Aportes y reflexiones*. Barcelona: Paidós.
326. WHEELER, A. y KASS, H. (1974). Student Misconceptions in Chemical Equilibrium as Related to Cognitive Level and Achievement. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (74th, Chicago, Illinois, April 1974).
327. WITTRUCK, M. (1989). *La investigación de la enseñanza. Enfoques, teorías y métodos*. Vol I. Madrid : Paidós. 184p.
328. YUS RAMOS, Rafael (2001). *Educación integral. Vol. I. Una educación holística para el siglo XXI*. Bilbao: Desclée. 285p.
329. ZABALZA, Miguel Ángel (2003). Competencias docentes del profesorado universitario. Calidad y desarrollo profesional. Madrid: Narcea. 253p
330. ZABALZA, Miguel Ángel (2004). *Diarios de clase. Un instrumento de investigación y desarrollo profesional*. Madrid: Narcea. 165p.

ANEXOS

ANEXO 1: CUESTIONARIO APLICADO A LOS ESTUDIANTES

Pregunta A1: Explica, tan extensamente como necesites, qué es un equilibrio químico para ti.

Pregunta A2: Menciona, como mínimo, dos ejemplos de equilibrios químicos que creas que tengan interés.

Pregunta A3: Se hicieron varios experimentos para determinar la constante de equilibrio, K , de la reacción del “gas de agua”: $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{O}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ a una temperatura dada. Se encontró que el valor de K a esta temperatura vale 2. Explica qué significa este valor de la constante de equilibrio.

Pregunta A4: Las moléculas del pentacloruro de fósforo (PCl_5) se descomponen a 30°C en moléculas de tricloruro de fósforo (PCl_3) y de cloro (Cl_2). Se introduce cierta cantidad de PCl_5 en un erlenmeyer cerrado a aquella temperatura. Al cabo de bastante tiempo, se comprueba que aún queda masa de pentacloruro de fósforo por descomponer y que esta cantidad se mantiene. ¿Cómo se explica que la descomposición de PCl_5 no continúe siendo así que sigue estando a 30°C ?

Pregunta A5: Se desea obtener 2 moles de $\text{PCl}_3(\text{g})$ descomponiendo $\text{PCl}_5(\text{g})$ a 270°C en un recipiente de 2 litros. Si a esta temperatura K_c para la reacción $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ vale 2, indicar cuántos moles de PCl_5 se deben poner inicialmente en el recipiente?

CUESTIONARIO B

Pregunta B1: ¿Cómo podemos saber si en un sistema químico formado por varias sustancias (reaccionantes y productos) se ha alcanzado el equilibrio?

Pregunta B2: ¿Qué cuestiones o problemas crees que resuelve el tema de equilibrio químico?

Pregunta B3: La ley del equilibrio químico se aplica a cada reacción química y se concreta en la denominada “constante de equilibrio”. ¿De qué factores crees que depende esta constante de equilibrio?

Pregunta B4: Empleando un razonamiento diferente al principio de Le Chatelier, ¿cómo puedes explicar el sentido de evolución del equilibrio $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$, si agregamos $\text{PCl}_5(\text{g})$ a V y T constante?

ANEXO 2: CUESTIONARIO APLICADO A LOS PROFESORES

Profesor de: IES _____ Universidad: _____ Experiencia docente (años): _____

Por favor lea cuidadosamente las siguientes preguntas y responda expresando sus argumentos lo más ampliamente que le sea posible.

1. Al introducir en clase el tema de equilibrio químico generalmente los profesores exponemos a los alumnos los motivos de su estudio (para qué se estudia). ¿Cuáles motivos consideras que justifican el estudio del equilibrio químico?
2. Supongamos que se trata de diseñar una unidad didáctica dedicada al estudio del equilibrio químico. Indica la secuencia de contenidos (a manera de hilo conductor) que sería, en tu opinión, la mejor para explicar el tema.
3. Los profesores antes de empezar a introducir el tema de equilibrio químico, planificamos qué aprendizajes queremos que logren los alumnos. Expresa todo aquello que consideres que sería importante que supieran los alumnos al acabar el estudio del tema.
4. Muchos profesores que han enseñado el equilibrio químico consideran este tema bastante complejo. ¿Cuáles crees que son las principales dificultades de aprendizaje que tienen los alumnos en este tema?
5. Al preguntar a unos estudiantes: ¿De qué factores depende la constante de equilibrio, K_c ? Algunos de ellos respondieron: “Depende de la temperatura y de las concentraciones de las sustancias en equilibrio”.
¿Qué comentarios le harías a la respuesta de estos alumnos?
6. Qué razonamientos se pueden emplear en clase para explicar la perturbación que sucedería en un sistema en equilibrio cuando se le añade un poco de un reactivo a volumen y temperatura constantes?

CRITERIOS DE VALORACIÓN**VALORACIÓN DE LAS RESPUESTAS DE LOS PROFESORES SOBRE EL EQUILIBRIO QUÍMICO**

Profesor de: IES _____ Universidad: _____ Experiencia docente (años): _____

1. Al introducir en clase el tema de equilibrio químico generalmente los profesores exponemos a los alumnos los motivos de su estudio (para qué se estudia). ¿Cuáles motivos consideras que justifican el estudio del equilibrio químico?

1.1 El profesor presenta el equilibrio químico:

1.1.1. citando que hay reacciones que no se completan?
SI ___ NO ___ INCOD ___

1.1.2. como una solución al problema de explicar porqué unas reacciones se producen y otras no?
SI ___ NO ___ INCOD ___

1.2. Presenta situaciones iniciales que generen interés sobre equilibrios físicos y/o químicos, como por ejemplo:

1.2.1. planteamiento de situaciones problemáticas?
SI ___ NO ___ INCOD ___

1.2.2. comentarios de algunas aplicaciones? SI ___ NO ___ INCOD ___

2. Supongamos que se trata de diseñar una unidad didáctica dedicada al estudio del equilibrio químico. Indica la secuencia de contenidos (a manera de hilo conductor) que sería, en tu opinión, la mejor para explicar el tema.

2.1. Secuencia de contenidos de tipo:

2.1.1. empírico-inductivo _____

2.1.2. teórico-cinético _____

2.1.3. teórico-termodinámico _____

2.1.4. incodificable _____

} No son excluyentes

2.2 Presentación del equilibrio químico a nivel macroscópico

2.2.1. Se plantea la reversibilidad macroscópica de procesos químicos antagónicos? SI ___ NO ___ INCOD ___

2.2.2. Se presenta la composición invariable con el tiempo de la mezcla en equilibrio? SI___NO___INCOD___

2.3. Se plantea el significado e interpretación de la constante de equilibrio?
SI___NO___INCOD___

2.4. Se plantea la modificación de la situación de equilibrio?
SI___NO___INCOD___

3. Los profesores antes de empezar a introducir el tema de equilibrio químico, planificamos qué aprendizajes queremos que logren los alumnos. Expresa todo aquello que consideres que sería importante que supieran los alumnos al acabar el estudio del tema.

3.1 Saber qué problema resuelve el concepto de equilibrio químico
SI___NO___INCOD___

3.2 Saber explicar macroscópicamente cuándo un sistema químico se encuentra en equilibrio SI___NO___INCOD___

3.3. Saber explicar microscópicamente cuándo un sistema químico se encuentra en equilibrio SI___NO___INCOD___

3.4. Saber que la constante de equilibrio expresa la extensión del proceso reversible en estado de equilibrio SI___NO___INCOD___

3.5. Predecir cualitativamente el efecto de las posibles perturbaciones sobre el estado de equilibrio SI___NO___INCOD___

4. Muchos profesores que han enseñado el equilibrio químico consideran este tema bastante complejo. ¿Cuáles crees que son las principales dificultades de aprendizaje que tienen los alumnos en este tema?

4.1. No tener claro a qué problema estructurante responde la necesidad de estudiar el equilibrio químico SI___NO___INCOD___

4.2. No tener criterios claros para describir cuándo un sistema químico está en equilibrio (constancia de las propiedades y reversibilidad de la situación)
SI___NO___INCOD___

4.3. Desconocer el campo de validez de la constante de equilibrio
SI___NO___INCOD___

- 4.4. No interpretar que, desde un punto de vista cuantitativo, la constante de equilibrio representa un valor de la extensión final del proceso
SI___NO___INCOD___
- 4.5. Usar el principio de Le Chatelier como única estrategia para explicar el efecto de las perturbaciones sobre un sistema en equilibrio
SI___NO___INCOD___
- 4.6. No establecer relación entre el comportamiento macroscópico de un sistema en equilibrio y su carácter dinámico (reversibilidad microscópica)
SI___NO___INCOD___

5. Al preguntar a unos estudiantes: ¿De qué factores depende la constante de equilibrio, K_c ? Algunos de ellos respondieron: “Depende de la temperatura y de las concentraciones de las sustancias en equilibrio”.

¿Qué comentarios le harías a la respuesta de estos alumnos?

- 5.1. La constante de equilibrio depende de la temperatura
SI___NO___INCOD___
- 5.2. La constante de equilibrio depende de las concentraciones de las sustancias en equilibrio SI___NO___INCOD___

6. Qué razonamientos se pueden emplear en clase para explicar la perturbación que sucedería en un sistema en equilibrio cuando se le añade un poco de un reactivo a volumen y temperatura constantes?

Se aplica de forma algorítmica el principio de Le Chatelier
SI___NO___INCOD___

Se deduce la evolución del sistema a partir de un planteamiento matemático
SI___NO___INCOD___

- 6.3. Se deduce la evolución del sistema a partir del modelo de reacción
SI___NO___INCOD___

ANEXO 3. REJILLA DE ANÁLISIS A LOS LIBROS DE TEXTO

ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE LIBROS DE TEXTO SOBRE EL ESTUDIO DEL EQUILIBRIO QUÍMICO

Autor/es: _____
 Año de publicación: _____ Título: _____
 Editorial: _____ Ciudad: _____
 Nivel educativo: 2° Bto. ____ COU ____ 10ª Grado ____ Quím. G. universitario ____

INTRODUCCIÓN Y PROPÓSITOS DEL ESTUDIO DEL TEMA DE EQUILIBRIO QUÍMICO

- 1.1. Se presenta el concepto de equilibrio químico como una solución al problema: ¿Porqué no reaccionan las sustancias si antes reaccionaban y ahora no? SI ____ NO ____ INCOD. ____
- 1.2. Se presentan situaciones iniciales que generen interés sobre equilibrios físicos y/o químicos, como p. ej.:
- 1.2.1 Planteamiento de situaciones problemáticas?
 SI ____ NO ____ INCOD. ____
- 1.2.2. Comentarios de algunas aplicaciones? SI ____ NO ____ INCOD. ____

INTERPRETACIÓN DEL CONCEPTO DE EQUILIBRIO QUÍMICO

- 2.1. Se introduce el tema de equilibrio químico a través de un razonamiento:
- 2.1.1 empírico-inductivo SI ____ NO ____ INCOD. ____
- 2.1.2 hipotético-deductivo basado en consideraciones cinéticas
 SI ____ NO ____ INCOD. ____
- 2.1.3. hipotético-deductivo basado en consideraciones termodinámicas
 SI ____ NO ____ INCOD. ____
- 2.1.4. otro razonamiento SI ____ NO ____ INCOD. ____

- 2.2. Se presenta la situación de equilibrio como una mezcla de sustancias en la cual constantemente se está produciendo reacción?
SI____NO____INCOD.____
- 2.3. Se trata o se menciona el modelo de reacción?
SI____NO____INCOD.____
- 2.4. Se menciona que la situación de equilibrio, a diferencia de las reacciones anteriormente estudiadas, se alcanza sin que se consuma totalmente ninguno de los reactivos? SI____NO____INCOD.____
- 2.5. Se plantea la reversibilidad macroscópica de procesos químicos antagónicos (como por ejemplo precipitación-disolución, descomposición de una sustancia y síntesis de la misma, oxidación de un metal y reducción del producto, etc.) que dan como resultado sistemas donde coexisten reactivos y productos sin agotarse (procesos no totales)?
SI____NO____INCOD.____
- 2.6. Se expresa que se puede llegar al mismo estado de equilibrio, partiendo de los reactivos o partiendo de los productos? SI____NO____INCOD.____
- 2.7. Se hace la deducción operativa de la constante de equilibrio a partir de V_d y V_i ? SI____NO____INCOD.____

3. CAMPO DE VALIDEZ DE LA CONSTANTE DE EQUILIBRIO

- 3.1. Se expresa el campo de validez de la constante de equilibrio:
- 3.1.1. dependencia de la temperatura SI____NO____INCOD.____
- 3.1.2. dependencia de la naturaleza de las sustancias implicadas
SI____NO____INCOD.____
- 3.1.3. dependencia de la forma como se simboliza el proceso
SI____NO____INCOD.____
- 3.1.4. no dependencia de las concentraciones de las sustancias implicadas
SI____NO____INCOD.____

4. INTERPRETACIÓN DE LA CONSTANTE DE EQUILIBRIO

4.1. Se expresa de manera significativa la constante de equilibrio como extensión del proceso, antes de definirla operativamente?
SI____NO____INCOD._____

4.2. Se expresa de manera significativa la constante de equilibrio como extensión del proceso, después de definirla operativamente?
SI____NO____INCOD._____

4.3. Se establece el significado del cociente de reacción Q_c (o Q_p) frente a K_c (o K_p) para decidir el sentido de la evolución del sistema químico?
SI____NO____INCOD._____

5. MODIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE EQUILIBRIO

5.1. Se aplica el principio de Le Chatelier? SI____NO____INCOD._____

5.2. Cuando se altera un sistema en equilibrio, se reemplazan los valores de concentración, presión o volumen en la expresión de la constante de equilibrio para deducir el sentido de la evolución del sistema?
SI____NO____INCOD._____

5.3 Se deduce la evolución del sistema a partir del modelo de reacción?
SI____NO____INCOD._____

6. RELACION ENTRE EL COMPORTAMIENTO MACROSCOPICO DE UN SISTEMA EN EQUILIBRIO Y LA REVERSIBILIDAD MICROSCOPICA

6.1. Se hace una aproximación cualitativa al carácter dinámico del equilibrio químico con base en:

6.1.1. los continuos choques entre las partículas de las sustancias presentes
SI____NO____INCOD._____

6.1.2. las velocidades de la reacción directa e inversa
SI____NO____INCOD._____

7. ALGUNAS DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DETECTADAS POR LA INVESTIGACIÓN DIDACTICA

7.1. Se menciona en algún momento al menos una de las posibles dificultades de aprendizaje detectadas por la investigación didáctica sobre el comportamiento macroscópico del equilibrio, como p. ej.:

- 7.1.1 en los equilibrios heterogéneos, no diferenciar entre los cambios de masa o de cantidad de sustancia y los cambios de las correspondientes concentraciones SI____NO____INCOD.____
- 7.1.2 creer que la composición constante en el equilibrio es idéntica a la simbolizada en la estequiometría del proceso SI____NO____INCOD.____
- 7.1.3. suponer que en el equilibrio la concentración de reactivos y productos varía constantemente SI____NO____INCOD.____
- 7.1.4. creer que un reactivo puede consumirse totalmente por la adición de otro reactivo SI____NO____INCOD.____
- 7.1.5. deducir del simbolismo de la reacción en el estado de equilibrio que existe una compartimentación de reactivos y productos SI____NO____INCOD.____
- 7.1.6. otra(s) dificultad(es) SI____NO____INCOD.____
Cuál(es)? _____

8. OTROS ASPECTOS GENERALES

- 8.1. Cuando se plantean actividades o problemas se hace énfasis en:
- 8.1.1 precisar la situación problemática SI____NO____INCOD.____
- 8.1.2. emitir hipótesis sobre los resultados esperados SI____NO____INCOD.____
- 8.1.3 elaborar algún diseño alternativo de resolución SI____NO____INCOD.____
- 8.1.4 analizar los resultados SI____NO____INCOD.____
- 8.2. Se introduce alguna actividad práctica susceptible de realizar en el laboratorio, como p. ej.:
- 8.2.1. plantear un problema SI____NO____INCOD.____
- 8.2.2. emitir una hipótesis SI____NO____INCOD.____
- 8.2.3. hacer un diseño experimental SI____NO____INCOD.____
- 8.2.4 analizar resultados SI____NO____INCOD.____
- 8.2.5. realizar una práctica habitual SI____NO____INCOD.____
- 8.3. Se comentan implicaciones CTS? SI____NO____INCOD.____
- 8.3.1. Cuántas? _____
- 8.3.3. Cuáles? _____

ANEXO 4. LIBROS ANALIZADOS

I. 2º de BACHILLERATO

CAAMAÑO, A., OBACH, D. 2000. Química. Ed. Teide. Barcelona

CALATAYUD, Ma. LUISA, HERNANDEZ, J., PAYA, J. VILCHES, A. 1996. Química. Ed. Octaedro, S.L. Barcelona.

CANDEL, AGUSTIN, SATOCA, JOSE, SOLER, JUAN BAUTISTA, TENT, JUAN JOSE. 1992. Física y Química. Ed. Anaya. Madrid.

DEL BARRIO, J. I., MONTEJO, C. 1997. Química. Ediciones SM. Madrid.

FIDALGO SANCHEZ, JOSE ANTONIO, FERNANDEZ PEREZ, MANUEL R. 1999. Química. Ed. Everest, S.A. León.

MORCILLO RUBIO, JESUS, FERNANDEZ GONZALEZ, MANUEL, CARRION PEREZ, VICENTE. 2001. Química. Ed. Anaya. Madrid.

MORCILLO, JESUS, FERNANDEZ, MANUEL, CARRION PEREZ, VICENTE E. 1998. Química. Ed. Anaya. Madrid.

ORO, LUIS A., ANDREU, JOSE LUIS, FERNANDEZ, MARI CRUZ, PEREZ – TORRENTE, JESUS J. 1997. Química. Ed. Santillana Madrid.

QUILEZ P., JUAN, LORENTE C., SALVADOR, SENDRA B., FERNANDO, CHORRO G., FERNANDO, ENCISO O., ELOY. 1998. Química. Ed. Ecir S.A. Paterna (Valencia).

SAURET HERNANDEZ, MIGUEL. 1998. Química. Ed. Bruño. Madrid.

II. COU

CALDERON APARICIO, Ma.LUZ, DELGADO LOPEZ, Ma. JOSE, ILLANA RUBIO, JOSE C., IYAR ALACANO, M.CARMEN M. 1982. La Química en el C.O.U. Servicio editorial Universidad del País Vasco. Bilbao.

MAS JUAN, M. D., DOU, J. M., PELEGRIN, J. 1991. Química - C.O.U. Ed. Casals, S.A. Barcelona.

MORCILLO RUBIO, J, FERNANDEZ GONZALEZ, M. 1993. Química. Ed. Anaya S.A. Madrid.

MORCILLO RUBIO, JESUS, FERNANDEZ GONZALEZ, MANUEL. 1986. Química. Ed. Anaya. Madrid.

NEGRO, JOSE L., ESTEBAN, JOSE M. 1983. Curso de Química. Orientación Universitaria. Ed. Alhambra. Madrid.

OROZ FUNES, JORGE. 1989. Química. Ediciones SM. Madrid.

SALINAS LOPEZ, FRANCISCO Y DE MANUEL TORRES, ESTEBAN. 1991. Química. Ed. Luis Vives. Zaragoza.

SAURET, MIGUEL. 1991. Química. Ed. Bruño. Madrid

VICHE BERGA, JAIME. 1996. Química C.O.U. Librería Mara. Valencia.

VICHE, JAIME. 1997. Química C.O.U. Librería Mara. Valencia.

III. DECIMO GRADO - COLOMBIA

AUBAD, AQUILINO, ZAPATA, RUBEN, GARCIA, ARCESIO. 1985. Hacia la Química. Ed. TEMIS S.A. Bogotá.

CARDENAS S, FIDEL ANTONIO, GELVEZ S, CARLOS ARTURO. 1997. Química y Ambiente. Ed. Mac Graw Hill. Bogotá.

GUZMAN MORA, NORA YOLANDA, SANCHEZ DE ESCOBAR, MARTA. 1995 Química General e Inorgánica. Ed. Santillana. Bogotá.

HERRERA V., SEVERIANO, BARRETO C., AURA, TORRES D., IGNACIO, R. DE CLAVIJO, ESPERANZA. 1980. Química 1. Ed. Norma. Bogotá.

MANCO LOZANO, FELIX A. 1997. Química General e Inorgánica. Migema Ediciones Ltda. Bogotá.

POVEDA VARGAS, JULIO CESAR. 1997. Química 10. Educar Editores. Bogotá.

TORRENEGRA G., RUBEN DARIO Y PEDROZO P., JULIO ARMANDO. 2000. Exploremos la Química. Ed. Prentice Hall. Bogotá.

IV. NIVEL UNIVERSITARIO

ALKINS, P. W. 1992. Química general. Ed. Omega, S.A. Barcelona

ANDER, PAUL, SONNESSA, ANTHONY J. 1990. Principios de Química. Ed. Limusa. México.

BRADY, JAMES E., HOLUM, JOHN R. 1988. Fundamentals Of Chemistry. Third Edition. Ed. John Wiley & Sons. New York.

BRADY, JAMES E., HOLUM JOHN R. 1996. Chemistry. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York.

BROWN, THEODORE L., LEMAY, H. EUGENE, JR, BURSTEN, BRUCE E. 2004. Química. La Ciencia Central. Ed. Pearson - Prentice Hall Inc. México.

CHANG, REYMOND (2006). Química General. 4a ed. España: Mac Graw Hill/ INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A. U.

CHANG, REYMOND (2007). Química. 9a ed. México: Mac Graw Hill Interamericana de Editores, S.A. De C.V.

DICKERSON, RICHARD E., GRAY, HARRY B., DARENSBOURG, MARCETTA Y ., DARENSBOURG, DONALD J. 1990. Principios de Química. Ed. Reverté, S.A. Barcelona.

EBBING, DARRELL D. 1997. Química General. Ed. Mac Graw Hill. México.

FERNANDEZ, M. R., FIDALGO, J. A. 1989. Química General. Ed. Everest S.A. León.

GILLESPIE, RONALD J., BARRD COLIN, N., HUMPHREYS, DAVID A., ROBINSON, EDWARD A. 1990. Química. Ed. Reverte S.A. España.

GUILLEM BARONA, JAVIER, ARECHAGA, SEBASTIAN JULIA, MASANA MARIN, JAIME, VALLEJO, ALFONSO PASCUAL. 1980. Química. Curso de Orientación Universitaria. Ed. Magisterio Español. S.A. Madrid.

HEIN, MORRIS, ARENA, SUSAN. 2001. Fundamentos de Química. International Thompson editores. México.

KLOTZ, JOHN C. Y PURCELL, KEITH F. 1991. Chemistry & Chemical Reactivity. Saunders College Publishing. Filadelfia.

LOZANO LUCEA, J. J., VIGATA, J. L. 1983. Fundamentos de Química General. Ed. Alhambra, S.A. Madrid.

MAHAN, BRUCE M., MYERS, ROLLIE J. 1990. Química. Curso Universitario. Ed. Addison - Wesley Iberoamericana.

MASTERTON., WILLIAM L., SLOWINSKI, EMIL J., STANISTKI, CONRAD L. 1998. Química General Superior 6a. Edición. Ed. Mac Graw Hill. México, D.F.

MORCILLO, J. 1983. Temas Básicos de Química. Ed. Alhambra, S.A. Madrid.

OXTOBY, DAVID W., NACHTRIER, NORMAN H., FREEMAN WADEA. 1994. Chemistry. Science of Change. Saunders College Publishing. Orlando, U.S.A.

PETRUCCI, RALPH H., HARWOOD, WILLIAM S. 1999. Química General: Principios y Aplicaciones Modernas. Ed. Prentice Hall.

PHILLIPS, JOHN S., STRUZAK. VICTORS, WISTROM, CHERYL. 2000. Química. Conceptos y Aplicaciones. Mac graw Hill. Interamericana Editores, S.A. de C.V. México, D.F.

PORILE, NORBERT. 1987. Modern University Chemistry. Harcourt Brace Jovanovich Publisher. Orlando, U.S.A.

RADEL STANLEY R., NAVIDI, MARJORIE H. Chemistry. West Publishing Company.

SILBERBERG, MARTIN. 1996. Chemistry. The Molecular Nature of Mater and Change. Ed. Hosby- year Book, Inc. St. Louis. Missouri.

SPENCER, JAMES N., BODNER, GEORGE M., RICKARD, LYMAN H. 2000. Química: Estructura y Dinámica. Compañía Editorial Continental. México. D.F.

UMLAND, JEAN B., BELLAMA, JON M. 2000. Química General. International Thompson Editores. México.

ANEXO 5: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TEXTOS

Item	Nivel Esc.	2. BTO	N = 10 %	C.O.U	N = 10 %	10. Grado	N = 7 %	Uni versitario	N = 26 %	N TOTAL
	1.1	SI	0	0	0	0	0	0	1	3,80
NO		10	100	10	100	7	100	25	96,20	52
1.2.1	SI	6	60	3	30	1	14,30	7	26,90	17
	NO	4	40	7	70	6	85,70	19	73,10	36
1.2.2	SI	4	40	5	50	1	14,30	14	53,80	24
	NO	6	60	5	50	6	85,70	12	46,20	29
2.1	SI	10	100	9	90	5	71,40	24	92,30	48
	NO	0	0	1	10	2	28,60	2	7,70	5
2.2	SI	2	20	1	10	0	0	12	46,20	15
	NO	8	80	9	90	7	100	14	53,80	38
3.1	SI	8	80	7	70	5	71,4	15	57,70	35
	NO	2	20	3	30	2	28,60	11	42,30	18
3.2	SI	9	90	8	80	3	42,90	19	73,10	39
	NO	1	10	2	20	4	57,10	7	26,90	14
3.3	SI	8	80%	6	60%	2	29	17	65,40%	33
	NO	2	20	4	40	5	71,40	9	34,60	20
3.4.1	SI	1	10	0	0	0	0	0	0	1
	NO	9	90	10	100	7	100	26	100	52
3.4.2	SI	0	0	0	0	0	0	1	3,80	1
	NO	10	100	10	100	7	100	25	96,20	52
3.4.3	SI	6	60	1	10	4	57,10	9	34,60	20
	NO	4	40	9	90	3	42,90	17	65,40	33
3.4.4	SI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	10	10	10	100	7	100	26	100	53
3.4.5	SI	1	10	0	0	0	0	0	0	1
	NO	9	90	10	100	7	100	26	100	52
3.4.6	SI	3	30	2	20	0	0	6	23,10	11
	NO	7	70	8	80	7	100	20	76,90	42
4.1.1	SI	7	70	4	40	2	28,60	18	69,20	31
	NO	3	30	6	60	5	71,40	8	30,80	22
4.1.2	SI	7	70	8	80	5	71,40	13	50	33
	NO	3	30	2	20	2	28,60	13	50	20
4.1.3	SI	2	20	4	40	0	28,60	6	23,10	12
	NO	8	80	6	60	7	100	20	76,90	41

4.1.4	SI	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NO	10	100	10	100	7	100	26	100	53
4.2.1	SI	4	40	0	0	0	0	10	38,50	14
	NO	6	60	10	100	7	100	16	61,50	39
4.2.2	SI	9	90	9	90	7	100	22	84,60	47
	NO	1	10	1	10	0	0	4	15,40	6
5.1	SI	1	10	0	0	0	0	2	7,70	3
	NO	9	90	10	10	7	100	24	92,30	50
5.2	SI	6	60	6	6	5	71,40	19	73,10	36
	NO	4	40	4	4	2	28,60	7	26,90	17
5.3	SI	6	60	8	8	4	57,10	10	38,50	28
	NO	4	40	2	20	3	42,90	16	61,50	25
5.4.1	SI	8	80	10	100	5	71,40	25	96,20	48
	NO	2	20	0	0	2	28,60	1	3,80	5
5.4.2	SI	3	30	7	70	3	42,90	16	61,50	29
	NO	7	70	3	30	4	57,10	10	38,50	24
5.4.3	SI	8	80	8	80	2	28,60	22	84,60	40
	NO	2	20	2	20	5	71,40	4	15,40	13
5.4.4	SI	3	30	2	20	1	14,30	10	38,50	16
	NO	7	70	8	80	6	85,70	16	61,50	37
5.5	SI	8	80	2	20	1	14,30	19	73,10	30
	NO	2	20	8	80	6	85,70	7	26,90	23
6.1	SI	9	90	10	100	6	85,70	25	96,20	50
	NO	1	10	0	0	1	14,30	1	3,80	3
6.2	SI	8	80	4	40	1	14,30	15	57,70	28
	NO	2	20	6	60	6	85,70	11	42,30	25
6.3	SI	0	0	0	0	0	0	3	11,50	3
	NO	10	100	10	100	7	100	23	88,50	50
6.4.1	SI	2	20	1	10	2	28,60	6	23,10	11
	NO	8	80	9	90	5	71,40	20	76,90	42
6.4.2	SI	4	40	1	10	3	42,90	6	23,10	14
	NO	6	60	9	90	4	57,10	20	76,90	39
6.4.3	SI	0	0	2	20	0	0	4	15,40	6
	NO	10	100	8	80	7	100	22	84,60	47
6.4.4	SI	4	40	6	60	3	42,90	13	50	26
	NO	6	60	4	40	4	57,10	13	50	27
7.1.1	SI	4	40	0	0	1	14,30	1	3,80	6
	NO	6	60	10	100	6	85,70	25	96,20	47
7.1.2	SI	1	10	0	0	0	0	0	0	1
	NO	9	90	10	100	7	100	26	100	52
7.1.3	SI	2	20	2	20	0	0	2	7,70	6

	NO	8	80	8	80	7	100	24	92,30	47
7.1.4	SI	8	80	5	50	2	28,60	3	11,50	18
	NO	2	20	5	50	5	71,40	23	88,50	35
7.1.5	SI	9	90	6	60	3	42,90	7	26,90	25
	NO	1	10	4	40	4	57,10	19	73,10	28
7.2	SI	10	100	3	30	3	42,90	16	61,50	32
	NO	0	0	7	70	4	57,10	10	38,50	21
7.2.1		21		3		4		28		56