

40



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

LAS IDEAS PREVIAS Y LA ENSEÑANZA DEL EQUILIBRIO
QUÍMICO EN LA ESCUELA NACIONAL COLEGIO DE
CIENCIAS Y HUMANIDADES

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
Q U I M I C O
P R E S E N T A :
RAUL VALDES ALMAGUER



MEXICO, D. F.



2002.

EXÁMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: VALDES ALMAGUER
RAUL

FECHA: 09-SEP-2002

FIRMA: [Signature]

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Jurado asignado:

Presidente Q. Silvia Bello Garcés

Vocal Q. Pilar Montagut Bosque

Secretario Q. Myrna Carrillo Chávez

1er. Suplente Q. Elizabeth Nieto Calleja

2° . Suplente Q. Luis Antonio Huerta Tapia

Sitio donde se desarrolló el tema

**Facultad de Química, Escuela Nacional Colegio de Ciencias y
Humanidades Plantel Sur**

Asesor del Tema:


Q. Silvia Bello Garcés

Sustentante:


Raúl Valdés Almaguer

Dedico esta tesis a:

*A mi mamá : Ana María Almaguer Monterrubio, Por sus grandes esfuerzos,
sacrificio y su paciencia.*

A mis hermas: Maria Isabel y Alejandra, por sus consejos y su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

*A mi asesora, Q. Silvia Bello Garcés, por su gran apoyo, su paciencia y sus
consejos*

*A mis amigas : Araceli, Ana Lilia, Elizabeth, Berenice, Laura, por su amistad,
y su apoyo.*

*A todos mis compañeros y amigos: Lourdes García, Agustín Arreguín, Víctor
Hugo Morales, Gilda de la Puente, Augusto González, por su incondicional
apoyo.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México y a todos sus maestros por la
oportunidad de formación que me brindaron.*

ÍNDICE

pagina

I Introducción

1

1. Panorama que presenta la enseñanza de las ciencias y la crisis de la educación científica..... 2
2. Objetivos de este trabajo..... 8
3. Los contenidos curriculares en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades..... 9
4. El concepto de Equilibrio Químico y la constante de equilibrio..... 11

II Factores que influyen en el aprendizaje

1. Características individuales de los alumnos que se deben tener en cuenta para mejorar el proceso de aprendizaje.....41
2. La motivación.....45
3. El proceso de aprendizaje (La construcción del conocimiento).....53

III Las ideas previas o concepciones alternativas

1. Generalidades.....59
2. Ideas Previas sobre el Equilibrio Químico encontradas en la bibliografía: clasificación y categorización..... 65

IV La enseñanza del equilibrio químico en el bachillerato	
1. Recomendaciones didácticas.....	98
2. Recursos didácticos para apoyar el aprendizaje: juego y actividad experimental.....	108
3. Reflexiones acerca de la evaluación (Aprendizaje significativo).....	122
V Conclusiones.....	140
GLOSARIO	145
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	151

CAPITULO I

Introducción

- 1. Panorama que presenta la enseñanza de las ciencias y la crisis de la educación científica**
- 2. Objetivos de este trabajo**
- 3. Los contenidos curriculares en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades**
- 4. El concepto de Equilibrio Químico y la Constante de Equilibrio.**

I INTRODUCCIÓN

1. Panorama que presenta la enseñanza de las ciencias y la crisis de la educación científica

Entre los profesores de ciencias aparece una sensación de frustración al comprobar el limitado éxito de sus esfuerzos realizados, porque aparentemente los alumnos aprenden cada vez menos y se interesan poco en lo que aprenden.

La crisis se atribuye a los cambios educativos introducidos a nivel mundial en los últimos años. Los alumnos no sólo presentan dificultades conceptuales, sino también las tienen en el uso de estrategias de razonamiento y en la solución de problemas relacionados con el trabajo científico.

Estas dificultades se ponen de manifiesto, sobretodo, en la resolución de problemas, que los estudiantes tienden a afrontar de un modo repetitivo, como simples ejercicios rutinarios, en vez de tareas que requieren de la reflexión y toma de decisiones (Caballer y Oñorbe 1997, Pozo y Gómez Crespo 1994)

Además de esta falta de interés, los alumnos tienden a asumir actitudes inadecuadas con respecto al trabajo científico, adoptando posiciones pasivas, esperando respuestas en lugar de formularlas, ó hacerse ellos mismos las preguntas, concebir los experimentos como demostraciones y no como investigaciones; asumir que el trabajo intelectual es sólo una actividad

individual y no de cooperación y búsqueda conjunta; considerar la ciencia como un conocimiento neutro, desligado de sus repercusiones sociales.

Tabla 1 Algunas dificultades en el aprendizaje de lo que podemos llamar los contenidos procedimentales del currículo de ciencias (tomada de Pozo y Gómez Crespo, 2000).

"Escasa generalización de los procedimientos adquiridos a otros contextos nuevos.

Los alumnos se sienten incapaces de aplicar a una nueva situación los algoritmos aprendidos".

"El escaso significado que tiene un resultado obtenido por los alumnos.

Los alumnos se limitan a encontrar la "fórmula" matemática y llegar a un resultado numérico, olvidando el problema de ciencias. Aplican ciegamente un algoritmo o un modelo de "problema" sin comprender lo que hacen".

"Escaso control metacognitivo por los alumnos sobre sus propios procesos de solución. El alumno apenas se fija en el proceso, sólo le interesa el resultado (que es lo que suele evaluarse) la técnica se impone sobre la estrategia y el problema se convierte en un simple ejercicio rutinario".

"El escaso interés que esos problemas despiertan en los alumnos, cuando se utilizan de forma masiva y descontextualizada, reduciendo su motivación para el aprendizaje de la ciencia".

"Ideas previas que representan un obstáculo para el aprendizaje son a menudo muy resistentes al cambio y probables a persistir si no se realiza un esfuerzo por provocar un cambio conceptual "

Existe un reclamo desde ámbitos académicos, profesionales y políticos, de una vuelta a lo básico, a los contenidos y formatos tradicionales de la educación científica, como una especie de reflejo condicionado ante la confusa amenaza compuesta por los todos los elementos antes descritos, vagamente vinculados con los aires de cambio asociados a la reforma educativa y sus nuevas propuestas curriculares de orientación constructivista.

Las dificultades que los profesores de ciencias viven cotidianamente en las aulas no suelen ser consecuencia de la aplicación de nuevos planteamientos curriculares con una orientación constructivista, sino que, en la mayor parte de los casos, se producen en el intento de mantener un tipo de educación científica, que en sus contenidos, en sus actividades de aprendizaje y criterios de evaluación y, sobre todo, en sus metas, se halla bastante próxima a esta tradición a la que se quiere volver.

Desde el punto de vista de Pozo (1997) el problema es precisamente que el currículo de ciencias apenas ha cambiado, mientras que la sociedad a la que va dirigida esa enseñanza de la ciencia y a las demandas formativas de los alumnos sí han cambiado. El desajuste entre la ciencia que se enseña (en sus formatos, contenidos, metas, etc..) y los propios alumnos es cada vez mayor, reflejando una auténtica crisis en la cultura educativa que requiere adoptar no sólo nuevos métodos sino, sobre todo, nuevas metas, una nueva cultura educativa que de forma vaga e imprecisa, podemos vincular al llamado *constructivismo*.

Tabla 2 Algunas actitudes y creencias inadecuadas mantenidas por los alumnos con respecto a la naturaleza de la ciencia y a su aprendizaje (Pozo y Gómez Crespo, 2000).

"Aprender ciencia consiste en repetir de la mejor forma posible lo que explica el profesor en clase".

"Para aprender ciencia es mejor no intentar encontrar tus propias respuestas sino aceptar lo que dice el profesor y el libro de texto, ya que está basado en el conocimiento científico".

"El conocimiento científico es muy útil para trabajar en el laboratorio, para investigar y para inventar cosas nuevas, pero apenas sirve para nada en la vida cotidiana"

"La ciencia nos proporciona un conocimiento verdadero y aceptado por todos"

"Cuando sobre un mismo hecho hay dos teorías, es que una de ellas es falsa: la ciencia acabará demostrando cuál de ellas es la verdadera"

"El conocimiento científico es siempre neutro y objetivo"

"Los científicos son personas muy inteligentes, pero un tanto raras, que viven encerrados en su laboratorio"

"El conocimiento científico está en el origen de todos los descubrimientos tecnológicos y acabará por sustituir a todas las demás formas de saber"

"El conocimiento científico trae consigo siempre una mejora en la forma de vida de la gente"

La construcción del conocimiento como nueva cultura educativa

La idea básica 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 los procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos. El cambio conceptual, necesario para que el alumno progrese desde sus conocimientos intuitivos hacia los conocimientos científicos, requiere pensar en los diversos modelos y teorías desde los que se puede interpretar la realidad.

La enseñanza de la ciencia no debe considerar a la ciencia como un fin. No debe tener como meta presentar a los estudiantes los productos de la ciencia como saberes acabados definitivos, al contrario, se debe enseñar la ciencia como un proceso de construcción de modelos y teorías. Los fines de la educación científica, (Jiménez Aleixandre y Sanmartí 1997) establecen cinco metas o finalidades que parecen claramente asumibles.

- a) El aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos
- b) El desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento científico.
- c) El desarrollo de destrezas experimentales y de resolución de problemas
- d) El desarrollo de actitudes y valores
- e) La construcción de una imagen de la ciencia.

Al traducir estas metas en contenidos concretos de la enseñanza de la ciencia, a través de los cuales se desarrollarán en los alumnos las capacidades correspondientes a esas finalidades nos encontraríamos con tres tipos de contenidos que corresponden con los tres tipos de dificultades de aprendizaje identificados.

Tabla 3 Tipos de contenidos en el currículo. (Tomada de Pozo y Gómez Crespo, 2000)

TIPOS DE CONTENIDO	Más específicos	← →	Más generales
Declarativos	Hechos/Datos	Conceptos	Principios
Procedimentales	Técnicas		Estrategias
Actitudinales	Actitudes	Normas	Valores

La finalidad de lograr el aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos requeriría superar las dificultades de comprensión e implicaría trabajar los contenidos declarativos, desde los más específicos y simples (los hechos y datos) a los conceptos disciplinares específicos, hasta alcanzar los principios estructurales de las ciencias. A su vez, “el desarrollo de actitudes y valores” exigirá que los contenidos actitudinales se reconozcan explícitamente como una parte constitutiva de la enseñanza de las ciencias, que debe promover no sólo actitudes o conductas específicas, sino también normas que regulen esas conductas y valores más generales, que permitan sustentar e interiorizar en los alumnos esas formas de comportarse y de acercarse al conocimiento.

2. Objetivos de este trabajo

Uno de los objetivos principales de este trabajo es hacer una investigación y análisis de los problemas de la enseñanza y aprendizaje del tema "equilibrio químico", destacando el papel de las ideas previas de los estudiantes y hacer una serie de recomendaciones para mejorar la enseñanza y el aprendizaje del tema.

Destaca entre los objetivos, en segundo lugar, ofrecer el diseño de un material didáctico y una propuesta encaminada a favorecer el aprendizaje significativo para lograr una mejor comprensión del tema.

En tercer lugar, iniciar el trabajo de investigación educativa para promover un análisis más profundo de las ideas previas de los estudiantes dentro de nuestro bachillerato.

Así pues, este trabajo está orientado a ofrecer un apoyo didáctico a los profesores de Química del bachillerato. Por ello se incluye una monografía sobre el tema de Equilibrio Químico.

El desarrollo de este trabajo toma en cuenta:

- a) El modelo educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades (Programa de Estudios de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades 1996)
- b) Las ideas previas de los estudiantes de este nivel escolar (cap III)
- c) La experiencia docente del autor

3.- Los contenidos curriculares en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades.

Ubicación del programa de Química dentro del Plan de Estudios Actualizado del Colegio de Ciencias y Humanidades.

El Plan de Estudios Actualizado (PEA) fue aprobado por el Consejo Técnico y por el Consejo Académico del Bachillerato el 5 y 11 de julio de 1996. Las materias de Química I y II se estudian en el primer y segundo semestre y se imparten, con 5 horas de clase (teórico-práctica) por semana, distribuidas en dos sesiones de 2 horas y una de una hora, en un aula-laboratorio, tienen un carácter general.

Por otra parte, junto con las materias de Química I y II, los alumnos cursan las siguientes asignaturas:

- Matemáticas (Álgebra y Geometría) 5 h
- Historia Universal Moderna y Contemporánea 5 h
- Taller de Lectura, Redacción e Iniciación a la Investigación Documental 5h
- Taller de Cómputo 5 h
- Lengua Extranjera 4 h

El trabajo académico del semestre para el alumno, es de 29 horas semanales de clase.

Las materias de Química III y IV se imparten en el quinto y sexto semestre respectivamente, con una duración de 4 horas a la semana, distribuidas en dos sesiones de 2 hora cada una, y tienen un carácter propedéutico. Éstas son asignaturas obligatorias para todos aquellos alumnos que escogen carreras del área químico-biológica.

Los planes y programas de estudios del bachillerato de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, proponen mejorar la calidad de los egresados. Al modificar el curriculum, se plantea la necesidad de incorporar elementos que eliminen el desfase de los contenidos de aprendizaje con los avances científicos y tecnológicos actuales, en una estrecha relación con los aspectos sociales que contextualicen y den sentido a los trabajos de la ciencia y la tecnología.

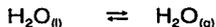
Asimismo, plantea la necesidad de que los cursos de ciencias experimentales incidan en un aumento de vocaciones para el estudio de carreras científicas y tecnológicas.

Se propone que el estudiante realice un proceso de construcción del conocimiento, por medio de la búsqueda de información, el trabajo experimental, la redacción de informes,...etc, que le permitan dar respuestas a preguntas previamente formuladas y construir modelos operativos para describir, explicar o predecir.

4.- EL CONCEPTO DE EQUILIBRIO Y LA CONSTANTE DE EQUILIBRIO

Antes de abordar cualquier estudio cualitativo sobre el equilibrio químico, es imprescindible conocer qué es el equilibrio químico y la diferencia con un equilibrio físico y por qué se produce.

El equilibrio entre dos fases¹ de la misma sustancia se denomina equilibrio físico debido a que los cambios que ocurren son procesos físicos. La evaporación de agua en un recipiente cerrado a una temperatura determinada es un ejemplo de equilibrio físico. En este caso, el número de moléculas de H₂O que dejan la fase líquida y regresan a ella es el mismo:



El estudio del equilibrio físico proporciona información útil, como la presión de vapor de equilibrio. Sin embargo, a los químicos les interesan en particular los procesos de equilibrio químico.

Las reacciones químicas se pueden clasificar en reversibles e irreversibles, según puedan transcurrir en los dos sentidos o en uno solo².

¹ En Termodinámica una fase se define como la parte homogénea de un sistema que está en contacto con otras partes del mismo, pero está separado de esas partes por límites definidos.

Pocas reacciones proceden en una sola dirección. La mayoría son reversibles, al menos en cierto grado.

En las reacciones reversibles, al inicio del proceso, la reacción procede a la formación de productos. Tan pronto se forman algunas moléculas de producto, el proceso inverso se comienza a establecer y las moléculas de reactivo se forman a partir de las moléculas de producto. El equilibrio químico se alcanza cuando las velocidades de las reacciones directa e inversa se igualan y las concentraciones netas de reactivos y productos se mantienen constantes, porque se forman y consumen a la misma velocidad.

La velocidad de reacción se expresa ordinariamente como un cambio de concentración por unidad de tiempo:

$$Velocidad = \frac{[conc.]}{[tiempo]}$$

Típicamente, para las reacciones en solución, las velocidades se escriben con unidades de molaridad sobre segundo (M/s)

La molaridad es una forma de expresar las cantidades relativas de disolvente y soluto que contiene una disolución. Ésta unidad de concentración se refiere al número de moles de soluto por litro de disolución.

Es evidente que para que las velocidades tiendan a igualarse la velocidad directa disminuye y la velocidad inversa, por el contrario, aumenta a medida que transcurre la reacción. Esto ocurre porque la velocidad de una

² No todos los químicos aceptan esta distinción; algunos consideran que todas las reacciones son reversibles, en mayor o menor grado

reacción es función de la concentración de sus reactivos: a medida que transcurre la reacción, la concentración de los reactivos va disminuyendo (y, por tanto, su velocidad directa) y la concentración de productos va aumentando (y, por tanto, su velocidad inversa).

El equilibrio químico es un proceso dinámico. Puede considerarse análogo al movimiento de los esquiadores en un centro de esquí repleto de personas, donde el número de esquiadores que suben por el teleférico es igual al que desciende. Aunque hay un acarreo constante de esquiadores, la cantidad de personas que sube a la cima y la que desciende no cambia.

Obsérvese que en el equilibrio químico participan distintas sustancias como productos y reactivos. A pesar de que el uso de los términos "productos" y "reactivos" pueda resultar confuso, porque una sustancia determinada que es un reactivo en la dirección directa, también es un producto de la reacción inversa, esta terminología es consecuente con la convención de que las sustancias escritas al lado izquierdo de las flechas de equilibrio se consideran como "reactivos" y las del lado derecho como "productos".

LAS CONSTANTES DE EQUILIBRIO (Brown T.L.1998, Chang R. 1999)

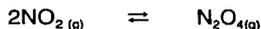
El concepto de constantes de equilibrio es muy importante en Química. Como se verá a continuación, las constantes de equilibrio son la clave para

resolver muchos tipos de problemas de estequiometría de sistemas en equilibrio. Por ejemplo un químico que desea obtener máximo rendimiento de ácido sulfúrico, debe tener un claro conocimiento de las constantes de equilibrio para cada una de las etapas del proceso, desde la oxidación del azufre hasta la formación del producto final.

Para analizar las constantes de equilibrio es necesario expresarlas en términos de las concentraciones de reactivos y de productos. La única guía con la que se cuenta es con la **ley de acción de masas**, que es la forma general para encontrar las concentraciones en equilibrio. Sin embargo, como las concentraciones de reactivos y de productos se pueden expresar en distintas unidades, y como las especies que intervienen no siempre están en la misma fase, es posible que exista más de un modo de expresar la constante de equilibrio para la misma reacción. Para comenzar, se describirán reacciones en las que reactivos y productos están en la misma fase.

EQUILIBRIOS HOMOGÉNEOS

El término equilibrio homogéneo se aplica a las reacciones en que todas las especies reaccionantes (reactivos y productos) se encuentran en la misma fase. Un ejemplo de este tipo de equilibrio en fase gaseosa es la reacción reversible que ocurre entre el dióxido de nitrógeno (NO_2) y el tetróxido de dinitrógeno (N_2O_4).



El avance de la reacción puede seguirse con facilidad ya que el N_2O_4 es un gas incoloro mientras que el NO_2 tiene un color café oscuro que lo hace visible en el aire.

Suponga que se inyecta N_2O_4 en un matraz al vacío. El color café que aparece de inmediato indica que se ha formado NO_2 . El color se hace más intenso a medida que continúa la disociación de N_2O_4 hasta que se logra el equilibrio. Más allá de este punto no hay cambios evidentes de color porque las concentraciones de N_2O_4 y NO_2 permanecen constantes.

También se puede alcanzar el equilibrio partiendo de NO_2 puro. Cuando algunas moléculas de NO_2 se combinan para formar N_2O_4 el color se desvanece. Otra forma de crear un estado de equilibrio es comenzar con una mezcla de NO_2 y N_2O_4 y seguir el curso de la reacción hasta que el color ya no cambia. Estos estudios demuestran que la reacción anterior es reversible, ya que un componente puro (N_2O_4 ó NO_2) reacciona para formar el otro gas. Es importante recordar que en el equilibrio, las conversiones de N_2O_4 a NO_2 y viceversa continúan ocurriendo. El cambio de color ya no se observa porque las dos velocidades son iguales: la remoción de moléculas de NO_2 es tan rápida como su formación, y las moléculas de N_2O_4 se forman a la misma velocidad que se disocian.

Ahora bien el siguiente paso consiste en traducir al lenguaje matemático lo expuesto hasta ahora de forma cualitativa. Para ello, supongamos la reacción:



Donde a, b, c y d son los coeficientes estequiométricos de las sustancias reactivas A, B, C y D

La condición de equilibrio, tal como hemos definido en los párrafos anteriores, es aquella en que las velocidades de reacción en un sentido y otro son iguales, por tanto:

$$K_1 [A]^a [B]^b = K_2 [C]^c [D]^d$$

en donde [A], [B], [C] y [D] son las concentraciones en el equilibrio de los reactivos y los productos.

Reordenando convenientemente los términos de la anterior expresión matemática, resulta que:

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

La relación $\frac{K_1}{K_2}$ es una constante (siempre que se trabaje a la misma temperatura, esta relación tiene un valor fijo) que nos puede servir como criterio cualitativo de equilibrio. A esta relación le daremos el nombre de K_{eq} (Constante de Equilibrio); por tanto :

$$\frac{K_1}{K_2} = K_{eq}$$

La convención es colocar las concentraciones de los productos (sustancias del lado derecho de la ecuación) en el numerador, y las concentraciones de los reactivos en el denominador.

En función del tipo de reacción de la que tratemos: ácido-base, redox o de formación de complejos, hablaremos de un tipo de equilibrio o de otro, si bien, el aparato matemático con el cual se abordan cuantitativamente es similar.

La ecuación de la constante de equilibrio presente en la reacción que se ha estado analizando es:

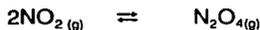
$$K_c = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$$

Observe que el subíndice en K_c indica que las concentraciones de las especies reaccionantes se expresan en moles/litro (molaridad).

Las concentraciones de los gases se expresan como molaridad y se pueden calcular a partir del número de moles de gases presentes al inicio, del número de moles en el equilibrio y el volumen del matraz (en litros). El análisis de datos en el equilibrio muestra que aunque la relación $[N_2O_4] / [NO_2]$ presenta valores dispersos, la relación $[N_2O_4] / [NO_2]^2$ tiene un valor constante.

$$K_c = \frac{[N_2O_4]}{[NO_2]^2}$$

Donde K_c es una constante para la reacción en equilibrio a 25° C. Observe que el exponente 2 para el valor de $[NO_2]$ en esta expresión es igual al coeficiente estequiométrico en la reacción reversible.



Este proceso se puede generalizar con la siguiente expresión.



donde a, b, c y d son los coeficientes estequiométricos de las sustancias reactivas A, B, C y D, para la reacción a una temperatura dada, y K_c es la constante de equilibrio en términos de concentración. La ecuación es la expresión matemática de la ley de acción de masas, propuesta por los químicos noruegos Cato Guldberg y Peter Waage, en 1864. Esta ley establece que **"para una reacción reversible en equilibrio y a una temperatura constante, el cociente determinado entre las concentraciones de reactivos y productos tiene un valor constante K_c "**. Obsérvese que aunque las concentraciones pueden variar, el valor de K_c para la reacción determinada permanece constante, siempre y cuando la reacción esté en equilibrio y la temperatura no cambie.

En consecuencia, la constante de equilibrio se define por un cociente, cuyo numerador se obtiene multiplicando las concentraciones de los productos en el equilibrio, cada una de las cuales está elevada a una potencia igual a su coeficiente estequiométrico en la ecuación balanceada. El denominador se

obtiene aplicando este mismo procedimiento para las concentraciones de los reactivos en el equilibrio.

Las unidades de K_c no son las mismas para todas las reacciones de equilibrio; sin embargo, generalmente se omiten las unidades. Obsérvese que se eleva la concentración de cada sustancia a una potencia igual al coeficiente numérico de la sustancia en la ecuación balanceada.

Si K es mucho mayor que 1 (esto es, $K > 1$), el equilibrio se desplazará hacia la derecha, y favorecerá la formación de los productos. Por el contrario, si la constante de equilibrio es mucho menor que 1 (esto es, $K < 1$), el equilibrio se desplazará hacia la izquierda y favorecerá a los reactivos. En este contexto, cualquier número mayor que 10 se considera mucho mayor que 1, y un número menor a 0.1 significa que es mucho menor que 1.

Las constantes de equilibrio pueden ser muy grandes o muy pequeñas. La magnitud de la constante nos proporciona información importante acerca de la mezcla en equilibrio.

Una constante de equilibrio mucho menor de 1 indica que la mezcla en equilibrio contiene principalmente reactivos. Se dice entonces que el equilibrio está desplazado a la izquierda. En general

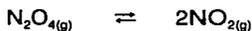
$K \gg 1$: El equilibrio está desplazado a la derecha; se favorece la formación de los productos.

$K \ll 1$: El equilibrio está desplazado a la izquierda; se favorecen los reactivos

Por otra parte, las concentraciones de reactivos y productos en las reacciones en estado gaseoso también se pueden expresar en términos de sus presiones parciales. A partir de la ecuación se puede comprobar que a una temperatura constante la presión P de un gas se relaciona en forma directa con la concentración en mol/litro del gas;

$$P = (n/V)RT.$$

Así para el proceso en equilibrio



Se puede escribir

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}$$

Donde P_{NO_2} y $P_{\text{N}_2\text{O}_4}$ son las presiones parciales de equilibrio (en atm.) de NO_2 y N_2O_4 , respectivamente. El subíndice en K_p indica que las concentraciones en equilibrio están expresadas en términos de presiones parciales.

Por lo general, K_c no es igual a K_p debido a que las presiones parciales de reactivos y productos no son iguales a sus concentraciones molares. Es posible deducir una relación simple entre K_c y K_p como sigue.

$$K_c = K_p(RT)^{\Delta n}$$

donde : R es la constante de los gases ideales

T es la temperatura absoluta

Δn es el cambio en el número de moles

Considérese el siguiente equilibrio en fase gaseosa



Donde a , b , c y d son los coeficientes estequiométricos. Las constantes de equilibrio K_c y K_p están dadas por

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \qquad K_p = \frac{P_c^c P_d^d}{P_a^a P_b^b} (RT)^{\Delta n}$$

Donde P_a , P_b , P_c y P_d son las presiones parciales de a , b , c y d . Si se supone un comportamiento de gas ideal,

$$P_a V = n_a RT$$

$$P_a = \frac{n_a RT}{V}$$

n_a es el número de moles de a y donde V es el volumen del recipiente en litros.

También para b tenemos:

$$P_b V = n_b RT$$

$$P_b = \frac{n_b RT}{V}$$

n_b es el número de moles de b

Al sustituir estas relaciones en la expresión para K_p , se obtiene

$$K_p = - \frac{\frac{n_c}{v} RT \frac{n_d}{v} RT}{\frac{n_a}{v} RT \frac{n_b}{v} RT}$$

Ahora, tanto $\frac{n_a RT}{V}$ como $\frac{n_b RT}{V}$ tienen unidades de mol/litro y se puede

sustituir por $[A]$ y $[B]$, de modo que $C_a = \frac{n_a}{V} RT$ $C_b = \frac{n_b}{V} RT$

Donde c_a = concentración de A en moles/litro

y c_b = concentración de B en moles/litro

Donde $\Delta n = n_c - n_b$ (moles de productos gaseosos -- moles de reactivos gaseosos).

Ya que en general las presiones se expresan en atmósferas, la constante de los gases R es 0.0821 L.atm/K.mol, y la relación entre K_p y K_c se puede expresar como

$$K_p = K_c RT^{\Delta n}$$

En general, K_p es distinto de K_c , excepto en el caso especial en el que $P = c$, como en la mezcla en equilibrio de hidrógeno molecular, bromo molecular y bromuro de hidrógeno, todos en estado gaseoso.

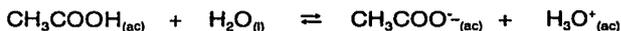


En este caso, la ecuación se puede escribir como

$$K_c = K_p(RT)^0$$

$$K_p = K_c$$

La ionización del ácido acético (CH_3COOH) en agua es otro ejemplo de equilibrio homogéneo



La constante de equilibrio es

$$K_c' = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{O}]}$$

(Aquí se usa símbolo ' prima de K_c para distinguirla de la forma general de la constante de equilibrio que se obtiene después). En un 1 L, ó 1000g de agua, existen 1000g/(18.02g/mol), o 55,55 moles de agua. En consecuencia, la "concentración" de agua es 55.55mol/L ó 55.55M. Ésta es una cantidad grande en comparación con la concentración de otras especies presentes en disolución (usualmente 1 M o menores), y se puede suponer que no cambia en forma apreciable durante el transcurso de una reacción. Así, (H_2O) se considera como constante y la constante de equilibrio se reduce a

$$K_c' = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{O}]}$$

donde $K_c = K_c'(\text{H}_2\text{O})$

En general las concentraciones de líquidos y sólidos se consideran constantes e iguales a 1.

Es frecuente que en la expresión de la constante de equilibrio no se incluyan unidades. En termodinámica, K se define sin unidades porque cada término de concentración (molaridad) o de presión (atm) en realidad hace referencia a un valor estándar, que es 1M o 1atm. Este procedimiento elimina todas las unidades pero no afecta la magnitud de la concentración o de la presión. En consecuencia, K no tiene unidades. Este procedimiento se aplicará también en los equilibrios ácido-base y en los equilibrios de solubilidad.

EQUILIBRIOS HETEROGÉNEOS (Brown T.L.1998, Chang R. 1999)

Los equilibrios heterogéneos son reacciones químicas en las que se llega a un equilibrio y en las que intervienen reactivos y productos en distintos estados de agregación o fases. Por ejemplo una reacción química en la que se alcanza un equilibrio heterogéneo es cuando el carbonato de calcio se calienta en un recipiente cerrado, en determinado tiempo se establece el siguiente equilibrio:



Los sólidos y el gas constituyen fases distintas. En el equilibrio se puede esperar que la constante de equilibrio sea:

$$K_c = \frac{[\text{CaO}_{(s)}][\text{CO}_{2(g)}]}{[\text{CaCO}_{3(s)}]}$$

En cada una de las fases se alcanza un equilibrio. Sin embargo, la "concentración" de un sólido, es una propiedad intensiva y no depende de la cantidad de sustancia presente, por tanto sólo aparecerán en ella las concentraciones de las especies gaseosas, ya que las concentraciones de sólidos y líquidos son constantes en dicha fase, e independientes de la cantidad presente de cada una de ellas, estos valores constantes se pueden incluir en el valor de la K_c .

Por esta razón los términos $[\text{CaCO}_3]$ y $[\text{CaO}]$ son en sí mismos constantes y se pueden combinar con la constante de equilibrio. En esta forma, la ecuación se simplifica a:

$$K_c = \frac{c_1[\text{CO}_{2(g)}]}{c_2}$$

Donde c_1 y c_2 son las concentraciones de CaCO_3 y CaO respectivamente, que como ya se mencionó, no cambian, y por tanto la "nueva" constante de equilibrio, K_c queda expresada en términos de una sola concentración, la del CO_2 . Obsérvese que el valor de K_c no depende de la cantidad de CaCO_3 y CaO presentes.

Lo que se mencionó acerca de los sólidos se aplica también a los líquidos. Así, si un líquido es un reactivo o un producto, su concentración se

puede considerarse como constante y omitirla en la expresión de la constante de equilibrio.

EQUILIBRIOS MÚLTIPLES (Brown T.L.1998, Chang R. 1999)

Las reacciones estudiadas hasta ahora son relativamente simples. Sin embargo, existen sistemas en equilibrios más complicados en los que las moléculas de producto de un equilibrio participan en un segundo proceso en equilibrio:



Los productos C y D, formados en la primera reacción, reaccionan a su vez para formar los productos E y F.

En el equilibrio, es posible expresar por separado dos constantes de equilibrio:

$$K_c' = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \quad K_c'' = \frac{[E]^e [F]^f}{[C]^c [D]^d}$$

La reacción global está dada por la suma de las dos reacciones y la constante de equilibrio K_c para esta reacción es:

$$K_c'' / K_c'$$

Donde K' y K'' son constantes, K_c también es una constante. Este resultado lleva a generalizar el tratamiento de la ecuación

$$K_c = K_c'' / K_c'$$

Sin importar el hecho de que esta reacción se lleve a cabo por un mecanismo de un solo paso o de pasos múltiples, La constante de equilibrio se puede expresar por la ley de acción de masas.

Ahora se puede señalar un importante enunciado para los equilibrios múltiples: ***si una reacción se puede expresar como la suma de dos o más reacciones, la constante de equilibrio para la reacción global está dada por el producto de las constantes de equilibrio de las reacciones individuales.***

RELACIÓN ENTRE CINÉTICA QUÍMICA Y EQUILIBRIO QUÍMICO. (Brown T.L.1998, Chang R. 1999)

El valor de la constante K , es constante a una temperatura dada y no importan las variaciones de cada una de las concentraciones de equilibrio. Este hecho se puede entender si se tiene en cuenta la cinética de las reacciones químicas, y al mismo tiempo, si se analizan los procesos de equilibrio.

Supongamos que la siguiente reacción se lleva a cabo por un mecanismo que consta de solo un paso elemental tanto en la dirección directa como en la inversa:



la velocidad directa está dada por :

$$\text{velocidad } d = K_d [A][B]^2$$

y la velocidad de la reacción inversa está dada por :

$$\text{velocidad } r = K_r [AB_2]$$

Donde K_d y K_r son las constantes de velocidad para las reacciones en sentido directo e inverso. En el equilibrio, cuando ya no se producen cambios netos, las dos velocidades deberán ser iguales:

$$\text{Velocidad } d = \text{Velocidad } r$$

$$K_d [A][B]^2 = K_r [AB_2]$$

Debido a que K_d y K_r son constantes a una temperatura dada, su relación también es una constante, la cual es igual a la constante de equilibrio K_c .

$$K = \frac{k_d}{k_r}$$

Así, K_c siempre es constante, en forma independiente de las concentraciones en el equilibrio de las especies reaccionantes, porque siempre es igual a K_d / K_r , el cociente de dos cantidades que en sí mismas son constantes a una temperatura dada. Como las constantes de velocidad dependen de la temperatura, se deduce que la constante de equilibrio debe cambiar también con la temperatura.

En resumen, desde el punto de vista de la cinética química, vemos que la constante de equilibrio se puede expresar como una función de las constantes de velocidad de las reacciones directa e inversa. Este análisis explica por qué la constante de equilibrio es constante y por qué su valor cambia con la temperatura.

Sin importar el hecho de que esta reacción se lleve a cabo por un mecanismo de un solo paso o de pasos múltiples, la constante de equilibrio se puede expresar por la ley de acción de masas.

PRINCIPIO DE LE CHATELIER (Brown T.L.1998, Chang R. 1999)

Existe un principio general que ayuda a predecir la dirección en la que se desplazará una reacción en equilibrio cuando hay un cambio de concentración, presión, volumen o temperatura. Esta regla, conocida como principio de Le

Chatelier, establece que *si se aplica una tensión externa a un sistema en equilibrio, el sistema se ajusta de tal manera que se cancela parcialmente dicha tensión*. El término "tensión" significa un cambio de concentración, presión, volumen o temperatura que altera el estado del equilibrio de un sistema. El principio de Le Chatelier se utiliza para valorar los efectos de tales cambios.

FACTORES QUE AFECTAN EL EQUILIBRIO

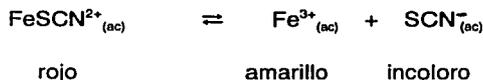
El equilibrio químico representa un balance entre las reacciones directa e inversa. En la mayoría de los casos, este balance es muy delicado. Los cambios en las condiciones experimentales pueden alterar el balance y modificar el equilibrio para hacer que se forme mayor o menor cantidad del producto deseado.

Las variables que se pueden controlar en forma experimental son concentración, presión, volumen y temperatura. A continuación se estudiará la forma en que cada una de estas variables afecta al sistema de reacción en equilibrio; además, se analizará el efecto de un catalizador sobre el equilibrio.

CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN

El siguiente ejemplo se utilizará para ilustrar cómo cambia el equilibrio al modificar las concentraciones de los productos y reactivos.

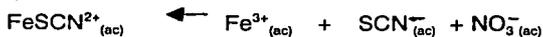
El tiocianato de hierro(III) se disuelve fácilmente en agua y da como resultado una disolución de color rojo debido a la presencia del ion FeSCN^{2+} hidratado. El equilibrio entre el ion FeSCN^{2+} no disociado y los iones Fe^{3+} y SCN^- está dado por:



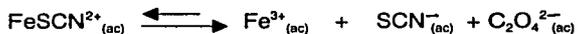
¿Qué sucede cuando se agrega tiocianato de sodio (NaSCN) a esta disolución? En este caso, la tensión aplicada al sistema en equilibrio es un aumento en la concentración de SCN^- (debido a la disociación de NaSCN). Para contrarrestar esta tensión, algunos iones Fe^{3+} reaccionan con los iones SCN^- añadidos y el equilibrio se desplaza de derecha a izquierda:



Por consiguiente, el color rojo de la disolución se vuelve más intenso. Del mismo modo, si se agrega nitrato de hierro(III) a la disolución original, el color rojo también se acentúa porque los iones Fe^{3+} adicionales, provenientes del $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, desplazarán el equilibrio hacia el lado izquierdo.



Suponga ahora que se agrega algo de ácido oxálico ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) a la disolución original. La disolución roja se volverá amarilla debido a la formación de los iones $\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$.



El ácido oxálico se disocia en agua y forma el ion oxalato $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, que se une fuertemente a los iones Fe^{3+} . La formación del ion amarillo estable, $\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3^{3-}$, remueve a los iones Fe^{3+} libres en la disolución. En consecuencia, se disocian más unidades de FeSCN^{2+} y el equilibrio se desplaza hacia la derecha:

Este experimento demuestra que todos los reactivos y productos se encuentran en equilibrio en el sistema de reacción. Además, al aumentar las concentraciones de los productos (Fe^{3+} ó SCN^{-}) el equilibrio se desplaza hacia la izquierda, y al disminuir la concentración del producto Fe^{3+} , el equilibrio se desplaza hacia la derecha.

Estos resultados son los que predice el principio de Le Chatelier.

En este caso un cambio en la coloración de la mezcla en reacción (al aumentar la concentración de uno de los productos) el equilibrio se desplaza hacia la formación de reactivos para contrarrestar el aumento en la concentración de productos y, similarmente, para un aumento en la

concentración de los reactivos el equilibrio se desplaza hacia la formación de los productos.

CAMBIOS EN EL VOLUMEN Y LA PRESIÓN

Los cambios de presión no afectan las concentraciones de las especies reaccionantes en fase condensada (por ejemplo, en disolución acuosa), ya que los líquidos y los sólidos son prácticamente incompresibles. Por otro lado, las concentraciones de los gases son muy susceptibles a los cambios de presión. Al examinar de nuevo la ecuación

$$PV = nRT$$

Se puede notar que P y V se relacionan en forma inversa: a mayor presión menor volumen, y viceversa. Observe también que el término (n/V) es la concentración del gas en mol/litro, y varía directamente con la presión.

$$P = (n/V)RT.$$

Suponga que el sistema en equilibrio



está dentro de un cilindro acoplado a un émbolo móvil. ¿Qué pasaría si se aumenta la presión de los gases empujando el émbolo a temperatura constante? Como el volumen disminuye, la concentración (n/V) de NO_2 y N_2O_4 aumenta. Dado que la concentración de NO_2 está elevada al cuadrado en la expresión de la constante de equilibrio, el incremento de la presión aumenta el numerador más que el denominador. El sistema ya no está en equilibrio, así que

$$K_p \neq \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} \quad (\text{no hay equilibrio})$$

Donde P_{NO_2} y $P_{\text{N}_2\text{O}_4}$ son las presiones parciales de equilibrio (en atm) de NO_2 y N_2O_4 , respectivamente.

En general, un aumento en la presión (disminución de volumen) favorece la reacción neta que reduce el número total de moles de gases (en este caso, la reacción inversa), y una disminución en la presión (aumento de volumen) favorece la reacción neta que aumenta el número total de moles de gases (la reacción directa en este caso). Para las reacciones en las que no cambia el número de moles de gases, el cambio de presión (o de volumen) no altera la posición de equilibrio.

Es posible cambiar la presión de un sistema sin cambiar su volumen. Suponga que el sistema $\text{NO}_2\text{-N}_2\text{O}_4$ está contenido en un recipiente de acero inoxidable cuyo volumen es constante. Es posible aumentar la presión total en el recipiente añadiendo un gas inerte (por ejemplo el helio) al sistema en

equilibrio. El resultado es un aumento en la presión total del gas y una disminución de las fracciones molares de NO_2 y N_2O_4 ; pero la presión parcial de cada gas, dada por el producto de su fracción molar y la presión total, no cambia. Así, la presencia de un gas inerte no altera el equilibrio.

CAMBIOS EN LA TEMPERATURA

Los cambios en la concentración, presión o volumen, pueden alterar la posición de equilibrio, pero no cambia el valor de la constante de equilibrio, sin embargo, un cambio en la temperatura, puede alterar esta constante.

La velocidad de una reacción, y por tanto el equilibrio químico, depende de la temperatura. Efectivamente, una variación de temperatura afecta de forma desigual a las velocidades directa e inversa en función de si dichas reacciones son endotérmicas o exotérmicas: frente a un incremento de calor la velocidad de una reacción endotérmica aumenta más rápidamente que la de una exotérmica (esto último constituye, en definitiva, una aplicación del Principio de Le Chatelier).

Podemos deducir las reglas para la dependencia de la constante de equilibrio con la temperatura aplicando el principio de Le Chatelier. Una manera sencilla de hacerlo consiste en tratar el calor como si fuera un reactivo, mientras que en una reacción exotérmica lo podemos tratar como un producto

(Sin embargo, esta manera de considerar el calor como un reactivo refuerza la idea previa de que el calor es una sustancia, aunque es una forma común muy utilizada por algunos textos y profesores):

Reacción Endotérmica: Reactivos + calor \longrightarrow productos

Reacción Exotérmica: Reactivos \longrightarrow productos + calor

Cuando la temperatura aumenta, el equilibrio se desplaza en el sentido que absorbe calor.

En una reacción endotérmica, se absorbe calor conforme los reactivos se convierten en productos; por tanto, un aumento de temperatura causa que el equilibrio se desplace a la derecha, en el sentido de los productos, y K aumenta.

En una reacción exotérmica, sucede lo contrario. Se absorbe calor conforme los productos se convierten en reactivos, de modo que el equilibrio se desplaza a la izquierda y K disminuye.

Podemos resumir estos resultados como sigue:

Reacción endotérmica: Un incremento de temperatura hace que K aumente.

Reacción exotérmica: Un incremento de temperatura hace que K disminuya.

Al enfriar una mezcla en reacción se obtiene el efecto opuesto a calentarla. Conforme la temperatura se reduce, el equilibrio se desplaza hacia el lado de la reacción que produce calor. Por tanto, al enfriar una mezcla de reacción endotérmica el equilibrio se desplaza a la izquierda y K disminuye. Si se enfría una mezcla de reacción exotérmica el equilibrio se desplaza a la derecha y K aumenta.

Supongamos la reacción exotérmica:



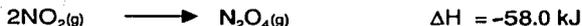
siendo Δ el desprendimiento de calor. Al suministrar calor la reacción se desplaza hacia la izquierda).



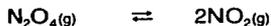
La formación de NO_2 a partir de N_2O_4 es un proceso endotérmico:



Donde H y ΔH son la entalpía y el cambio de entalpias respectivamente³ y la reacción inversa es exotérmica:



En equilibrio, el efecto térmico neto es cero porque no existe reacción neta. ¿Qué sucede cuando el siguiente sistema en equilibrio se calienta a volumen constante?



Ya que un proceso endotérmico absorbe calor de los alrededores, el calentamiento favorece la disociación de N_2O_4 en moléculas de NO_2 . Por consiguiente, la constante de equilibrio, dada por

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} \quad \text{aumenta con la temperatura.}$$

En resumen, un aumento de temperatura favorece una reacción endotérmica, y una disminución de temperatura favorece una reacción exotérmica.

EL EFECTO DE UN CATALIZADOR

Se sabe que un catalizador altera la velocidad de una reacción, aumenta o disminuye la velocidad de una reacción al reducir la energía de activación de la misma. Sin embargo, un catalizador disminuye la energía de activación de la reacción directa y de la reacción inversa en la misma magnitud. Se puede

³ La entalpía (ΔH) es una función termodinámica, que expresa el calor absorbido (signo positivo) o desprendido (signo negativo) en un proceso.

concluir que la presencia de un catalizador no altera la constante de equilibrio, como tampoco desplaza la posición de un sistema en equilibrio. El hecho de añadir un catalizador a una mezcla de reacción que no está en equilibrio sólo provocará que la mezcla alcance más rápido el equilibrio. La misma mezcla en equilibrio se obtendría sin el catalizador, pero habría que esperar más tiempo.

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EQUILIBRIO QUÍMICO

Las características más importantes del equilibrio químico son:

El equilibrio es un estado dinámico en el que se producen continuos cambios en ambos sentidos a la misma velocidad; por esta razón no varían las propiedades macroscópicas de la mezcla en reacción.

La concentración de soluto, la presión de vapor, la masa de sólido sin disolver, etc., no sufren variación alguna en el estado de equilibrio con el tiempo.

El estado de equilibrio no intercambia materia con su entorno. Por ejemplo si la descomposición del CaCO_3 la iniciáramos en un recipiente abierto, nunca se alcanzaría el equilibrio, pues el CO_2 escaparía.

La temperatura es la variable fundamental que controla el equilibrio. Así, por ejemplo, a 1400 K, la constante de equilibrio K_p para la disociación de bromo molecular en bromo atómico es 0.05, mientras que a 1600 K la constante K_p tiene un valor de 0.25, sea cual fuera la cantidad de Br_2 reaccionante.

CAPITULO II

Factores que influyen en el aprendizaje

- 1. Características individuales de los alumnos que se deben tener en cuenta para mejorar el proceso de aprendizaje**
- 2. La motivación**
- 3. El proceso de aprendizaje (la construcción del conocimiento)**

II FACTORES QUE INFLUYEN EN EL APRENDIZAJE

1.- Características individuales de los alumnos que se deben tener en cuenta para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje

El Perfil del alumno de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (Diagnósticos 1996, 1997, 1998)

La edad de los alumnos se sitúa entre los 15 y 19 años (según datos de los diagnósticos 1996-1998).

El 90% del alumnado dedica tiempo completo a las actividades escolares, ya que sólo el 5.96% declara trabajar permanentemente entre 16 y 32 horas/semana y 3.93%, más de 32 horas.

Los datos citados revelan que los alumnos en el Colegio son cada vez mas jóvenes, lo cual repercute en el proceso enseñanza-aprendizaje.

El desarrollo de la identidad es un problema en cada generación adolescente. Los adolescentes de hoy en día encuentran dificultades particulares para desarrollar una identidad coherente, debido a la rapidez del cambio social, a los continuos avances tecnológicos y a la información.

La mayor parte de los teóricos comparten la idea de que la más importante adquisición del período adolescente es la formación y consolidación de la identidad personal. Este proceso es enormemente complejo y resulta de la interacción dinámica de factores hereditarios y ambientales.

En lo que se refiere a la identidad adolescente, se requiere la consideración simultánea de varios factores de desarrollo: maduración física, intelectual y emocional y grado de conocimiento. En otro nivel, están las interacciones específicas de la persona con su medio como experiencias sociales.

Los adolescentes intentan alcanzar metas tradicionales o convencionales, tales como vocación, formar una pareja e ingresos. Otros valores, sin embargo, cobran mayor importancia, como la necesidad de satisfacción personal, la calidad de vida y las relaciones personales con significado.

La teoría del conocimiento de Piaget brinda un interesante nexo entre las nuevas metas y aspiraciones del adolescente y la búsqueda de su identidad. La mayor parte de los logros del adolescente –formación de la identidad, desarrollo de un sistema ético de valores, ideología política y moral y la elección de una vocación- pueden considerarse, en mayor o menor medida, el resultado de las capacidades adquiridas en la cuarta etapa del desarrollo cognoscitivo de Piaget (Flavell, J. H. 1978).

Según Piaget, la madurez cognoscitiva se alcanza durante el período de las operaciones formales (entre los once y los dieciséis años). En esta etapa, las estructuras cognoscitivas del niño sufren un cambio cualitativo, el periodo se caracteriza por la capacidad de pensamiento abstracto sin necesidad de referencias concretas.

Los adolescentes pueden pensar de forma científica utilizando el razonamiento inductivo, implicando este razonamiento la generalización de

principios a partir de hechos. El período de las operaciones formales se caracteriza también por la utilización del razonamiento hipotético-deductivo, caracterizado porque las conclusiones derivan de premisas que son hipótesis en mayor medida que de hechos.

El razonamiento hipotético-deductivo depende grandemente del lenguaje. En esta etapa se alcanza la capacidad de resolver problemas abstractos. En las operaciones formales, los adolescentes no están atados a su percepción inmediata, a su experiencia pasada o a su conocimiento personal y pueden imaginar un universo de hechos que jamás tienen lugar.

Por estudios realizados en el plantel (Diagnósticos 1996-1998) se ha observado que:

- 1) Los alumnos manejan conceptos de química a un nivel muy bajo y en ocasiones erróneo.
- 2) Presentan malos hábitos de estudio
- 3) Tienen dificultad para procesar información
- 4) Tienen falta de madurez y orientación escolar familiar

Todos estos son factores que alteran de una manera notoria el proceso de enseñanza-aprendizaje. Aunado a esto, se tiene también la problemática de los profesores y la forma de impartir los nuevos programas de estudio, ya que se ha detectado que algunos profesores han dado un énfasis muy marcado al enfoque ecológico de los mismos, dejando a un lado la Química y sus principios. De tal forma que, en la Química III y IV (las cuales son las últimas de las

asignaturas de esta disciplina a nivel bachillerato en el CCH) se pueden encontrar alumnos con conocimientos declarativos en agua, aire, suelo, fertilizantes, etc., pero que desconocen los principios básicos de la química, como la ley de la conservación de la materia, la ley de las proporciones múltiples, los principios de estequiometría y su aplicación, etc.

2. La motivación⁴

La motivación ha recibido una atención considerable en las últimas décadas al considerarse como una variable que influye, de manera fundamental, tanto en el éxito académico de los estudiantes como en sus procesos de interacción social. Así mismo se considera a la motivación como un factor cognoscitivo-afectivo vinculado estrechamente al proceso de enseñanza aprendizaje.

La motivación es una causa hipotética de la conducta inducida por las condiciones ambientales o que pueden influir en las expresiones conductuales, fisiológicas y de autovaloración

La motivación es un requisito fundamental, pues permite que se dé el aprendizaje significativo apoyado en los conocimientos ya adquiridos, la creatividad, la práctica, la aplicación de metodologías, etc.

En la mayoría de los casos, donde las clases son altamente estructuradas, los profesores dictan qué es lo que los estudiantes tienen que aprender y a qué ritmo. Como resultado, el aprendizaje y el logro están típicamente motivados extrínsecamente mediante calificaciones, fechas de entrega y supervisión. Por lo contrario, la motivación intrínseca se manifiesta cada vez que la curiosidad y el interés "energizan" y dirigen el aprendizaje del estudiante.

⁴ Dada la naturaleza de esta tesis, este tema sólo se abordará de manera superficial, pero reconociendo la importancia de éste en el proceso de enseñanza

La motivación escolar es un proceso general por el cual se inicia y dirige una conducta hacia el logro de una meta. Este proceso involucra variables tanto cognitivas como afectivas: cognitivas, en cuanto a las habilidades de pensamiento y conductas instrumentales para alcanzar las metas propuestas; afectivas, en tanto que comprende elementos como la autovaloración, el autoconcepto... Ambas variables interactúan a fin de complementarse y hacer eficiente la motivación, proceso que va de la mano de otro, esencial dentro del ámbito escolar: el aprendizaje.

Actualmente, las teorías de la motivación se orientan hacia la identificación de las bases motivacionales de las distintas disciplinas dentro de la psicología, como son la cognición, la personalidad y la psicología social.

Las teorías cognoscitivas están, fundamentalmente, basadas en la forma en que el individuo percibe o se representa la situación que tiene ante sí. Las teorías cognoscitivas incluyen el nivel de aspiración (relacionado con la fijación de una meta individual), la disonancia (encargada de los impulsos al cambio asociados con las dis-armonías que persisten frecuentemente después que se ha hecho una elección), y las teorías de esperanza-valor (que tratan de la realización de una decisión cuando se toman en cuenta las probabilidades y el coste o los riesgos).

Las teorías cognitivas de la motivación acentúan, como determinantes de la conducta motivada, la percepción de la fuerza de las necesidades psicológicas, las expectativas sobre la consecución de una meta y el grado en el que se valora un resultado correcto.

Como autores más representativos de estas teorías podríamos citar a Festinger, Tolman, Weiner, Heider... (G. Ryle 1998)

La motivación intelectual

¿Qué lleva al sujeto a desarrollar actividades cognoscitivas frente al ambiente? Quizá la respuesta más común dada por los psicólogos en general, sea que estas acciones son motivadas por impulsos primarios –hambre, sed, sexo, etc.- o por necesidades secundarias derivadas de los primeros. Piaget (Flavell, J. H. 1978) no niega el papel de las necesidades orgánicas y de sus derivados, pero sostiene que el motivo fundamental que gobierna el esfuerzo intelectual, el motivo realmente necesario y suficiente, es de un tipo por completo diferente.

Su posición consiste en afirmar, simplemente, que los órganos o estructuras cognoscitivas, una vez que son originadas por el funcionamiento, tienen una necesidad intrínseca de perpetuarse a través de más funcionamiento. Los esquemas son estructuras, y una de sus propiedades importantes es la asimilación repetida de todo aquello que es asimilable en el ambiente.

Para usar la expresiva terminología de Piaget, el organismo simplemente debe nutrir sus esquemas cognoscitivos por medio de la repetida incorporación de alimentos de la realidad, la incorporación de alimentos ambientales que los sostenga. Como afirma Piaget, la asimilación es el componente dominante de la inteligencia, y el principal atributo de la asimilación es la repetición, la tendencia intrínseca a dirigirse una y otra vez al ambiente e incorporar aquello que pueda.

Para Piaget, pues, la necesidad de conocer no es fundamentalmente un motivo extrínseco, independiente de la actividad intelectual y que la empuja, por así decirlo, desde atrás.

La necesidad es una propiedad intrínseca, casi definitoria, de la actividad asimilativa misma; es algo propio de esta actividad desde un principio. Los órganos biológicos y psicológicos son creados a través del funcionamiento y, una vez creados, deben continuar funcionando.

La necesidad de funcionar no puede separarse del funcionamiento mismo.

La teoría motivacional de Piaget es, básicamente, afín con las concepciones del aprendizaje que hacen hincapié en la importancia de los impulsos de exploración y curiosidad, en las necesidades de actividad y sensoriales, etc., en oposición con aquellas caracterizadas por una exclusiva preocupación por el refuerzo de los impulsos primarios.

El hecho de que la actividad intelectual no requiera para funcionar otro impulso más que aquel que le es proporcionado intrínsecamente, no quiere decir que Piaget crea que la cognición es la suma total de la actividad humana o, si es por eso, que toda cognición corresponde a la variedad de la fría razón pura.

La vida afectiva, como la vida intelectual, es una adaptación continua, y ambas no sólo son paralelas sino también interdependientes, dado que los sentimientos expresan el interés y el valor conferidos a acciones cuya estructura es proporcionada por la inteligencia. Dado que la vida afectiva es adaptación, también implica una constante asimilación de situaciones presentes a otras

anteriores –asimilación que da lugar a esquemas afectivos o modos relativamente estables de sentir y reaccionar– y una constante adaptación de estos esquemas a la situación presente (Flavell, J. H. 1978).

Piaget expone que el afecto y la cognición pueden separarse con propósitos analíticos, pero son indisociables en la vida real; ambos (como asimilación y acomodación) se hallan forzosamente comprometidos en toda adaptación humana. El aspecto afectivo motivacional proporciona la energía del comportamiento, mientras el aspecto cognoscitivo proporciona la estructura (la afectividad no puede crear estructuras por sí misma, aunque influye en la selección del contenido de la realidad sobre el que operan las estructuras). Junto con el desarrollo de las estructuras intelectuales, desde el nacimiento y a través de la adolescencia, se encuentran formas paralelas de organización afectiva, es decir, estructuras paralelas que se relacionan con personas antes que con objetos.

Hacia el cambio de actitudes de los alumnos ante la ciencia: El problema de la (falta de) motivación

De los tres tipos de contenidos que deben articular el currículo de ciencias, con el fin de lograr las metas de la educación científica, las actitudes son posiblemente el contenido más difícil de abordar.

Para muchos profesores, acostumbrados y preparados para enseñar a los alumnos cómo se ajusta una ecuación química o cuáles son las partes de la

célula, pero menos preparados y dispuestos para enseñar a los 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, la formación de actitudes apenas ha tenido relevancia, si se compara con el entrenamiento en destrezas o, sobre todo, con la enseñanza de contenidos declarativos.

Para comprobarlo, basta con observar el escaso peso que tienen las actitudes, al menos explícitamente en la evaluación. Se puede evaluar el conocimiento declarativo y en menor medida el procedimental, pero apenas se tienen en cuenta las actitudes de los alumnos, tal vez porque se acomodan mal al tradicional formato de examen. Ello en congruencia con las metas tradicionales, más bien selectivas, de la educación científica, dirigida a la transmisión de conocimientos declarativos, a la enseñanza del *corpus* conceptual de las materias, relegando otros aspectos formativos más generales.

Las actitudes apenas han sido objeto de enseñanza explícita, y sin embargo, las actitudes de los alumnos, su forma de comportarse en clase y fuera de ella, sus valores, son unos de los elementos que más incomodan a los profesores en su trabajo cotidiano. Aunque no se enseñen de forma deliberada, o tal vez precisamente porque no se enseñan, las actitudes constituyen una de las principales dificultades para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Si se pregunta a profesores de ciencias por los problemas que les inquietan en su labor docente, raramente citan como primera preocupación que los alumnos no diferencian entre peso y masa, o que no son capaces de hacer cálculos

proporcionales. Suelen mencionar la falta de disciplina, o lisa y llanamente a la falta de educación de los alumnos, el poco valor que conceden al conocimiento y sobre todo, su falta de interés por la ciencia y su aprendizaje.

Que los estudiantes no sean capaces de hacer cálculos estequiométricos después de estarlos trabajando durante semanas es frustrante, pero que ni siquiera lo intenten y que estén haciendo comentarios jocosos o lanzándose papelititos mientras se les explica cómo tienen que hacerlo, es bastante demoledor.

El problema es que esas actitudes de los alumnos difícilmente cambiarán, acercándose más a las que los profesores esperan de ellos, si no hay un propósito educativo, deliberado e intencional por cambiarlas. Muchas de esas actitudes, valores y formas de comportarse provienen de ámbitos distintos a la escuela, igual sucede con muchos conocimientos previos de los alumnos. Pero con frecuencia muchas de esas actitudes se refuerzan, mantienen e incluso se generan, de modo informal, en las aulas.

La forma de organizar las actividades de aprendizaje-enseñanza selecciona y refuerza ciertas actitudes de los alumnos, pero en la mayor parte de los casos no hay un propósito explícito de enseñarlas.

La naturaleza de las actitudes como contenido educativo: de las actitudes y las normas a los valores

De este carácter de las actitudes se derivan algunas implicaciones específicas con respecto a su enseñanza (Pozo y Gómez Crespo 2000, Sarabia, 1992; Pozo, 1996, 1999^a).

Su inclusión en el currículo debe basarse en un tratamiento continuado, en tener en todo momento presente, como objetivo educativo, la necesidad de desarrollar en los alumnos ciertos valores. Su logro requerirá concretar esos propósitos generales (como pueden ser promover tolerancia, cooperación, interés por la ciencia, curiosidad y espíritu de indagación, rigor y precisión, defensa del medio ambiente, etc.), en formas y normas de conducta que ayuden a profesores y alumnos a percibir esas actitudes.

Al referirse a los contenidos actitudinales se suele diferenciar entre tres componentes o niveles de análisis con diferente grado de generalidad: las actitudes, las normas y los valores. Las actitudes propiamente dichas (o su componente conductual) se refieren a reglas o patrones de conducta, disposiciones a comportarse de modo consistente. El conocimiento de las normas (o el comportamiento cognitivo) estaría constituido por las ideas o creencias sobre cómo hay que comportarse. Y finalmente los valores (o dimensión afectiva) se referirían al grado en que se han interiorizado o asumido los principios que rigen el funcionamiento de esas normas.

3. El proceso de aprendizaje (construcción del conocimiento)

Que el aprendizaje significativo de las ciencias por parte de los estudiantes es una tarea con un índice de fracaso elevado es una afirmación que difícilmente puede sorprender a profesores e investigadores de ciencias. Probablemente las causas sean múltiples y resulta complicado abordar todas a la vez. Parte de la responsabilidad del fracaso está en los alumnos, parte está en los profesores y otra parte está en el contexto escolar y en la propia sociedad. El conjunto de causas tiene un denominador común: lo que los alumnos saben (ideas previas), saben hacer (estrategias de razonamiento), creen (concepciones epistemológicas) y creen que saben (metacognición). Pozo (1983, 87) afirma que estos elementos conforman una especie de –conspiración cognitiva- contra el trabajo del profesor de ciencias y constituye un obstáculo que dificulta el aprendizaje significativo de las ciencias por parte de los alumnos.

La elaboración del conocimiento científico

La imagen de la ciencia como proceso de descubrimiento de leyes enterradas, sigue aún vigente en buena medida. Se sigue enseñando que el conocimiento científico se basa en la aplicación rigurosa del “método científico”, que debe comenzar por la observación de los hechos, de la cual deben extraerse las leyes o principios.

En las nuevas concepciones epistemológicas, según las cuales el conocimiento científico no se extrae nunca de la realidad sino que procede de la mente de los científicos que elaboran modelos y teorías en el intento de dar

sentido a esa realidad, parece asumirse que la ciencia no es un discurso sobre lo real sino más bien un proceso, socialmente definido, de elaboración de modelos para interpretar la realidad. Las teorías científicas no son saberes absolutos o positivos, sino más bien aproximaciones relativas, construcciones sociales que lejos de "descubrir" la estructura del mundo o de la naturaleza, la construyen, la modelan.

La construcción del conocimiento como nueva cultura educativa

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. Esta idea no es nueva y tiene una historia cultural y filosófica (Pozo 1996^a), pero debido a los cambios habidos en la forma de producir, organizar y distribuir los conocimientos en nuestra sociedad, entre los científicos sí resulta novedosa la necesidad de extender esta forma de aprender y enseñar a casi todos los ámbitos formativos y, desde luego, a la enseñanza de las ciencias.

La idea de que las cosas deben existir y están esperando ser descubiertas, es frontalmente opuesta a los supuestos epistemológicos del constructivismo. Sin embargo, es implícita o explícitamente asumida por muchos profesores y por casi todos los alumnos, lo que les lleva a confundir los modelos con la realidad que representan.

Las estructuras cognoscitivas se desarrollan en el curso del funcionamiento intelectual, y sólo a través del funcionamiento, se forman dichas estructuras cognoscitivas.

En primer lugar, se trata de un proceso de adaptación al medio. Se dice que la adaptación tiene lugar cada vez que un intercambio particular de organismo y ambiente tiene el efecto de modificar al primero, de modo tal que resultan acrecentados los posteriores intercambios favorables a la preservación del organismo. El proceso por el cual se alteran los elementos del ambiente, en forma tal que pueden ser incorporados en la estructura del organismo, es llamado asimilación; es decir, los elementos son asimilados al sistema.

La manera en que la incorporación se lleva a cabo y las estructuras en las que se incorporan elementos son sumamente variables.

Así, como en cualquier proceso adaptativo, los objetos deben ajustarse a la estructura peculiar del organismo. Éste también debe ajustarse a las demandas peculiares del objeto.

Al primer aspecto de la adaptación se le ha llamado "asimilación". Al segundo aspecto, el ajuste al objeto, Piaget lo llama "acomodación"; es decir, el organismo debe acomodar su funcionamiento a los contornos específicos del objeto que trata de asimilar.

Como resultará claro cuando tratemos de adaptación intelectual, toda asimilación de un objeto al organismo supone al mismo tiempo una acomodación del organismo al objeto. A la inversa, toda acomodación es al mismo tiempo una modificación asimilativa del objeto al que el organismo se acomoda.

La cognición implica una organización. Todo acto inteligente supone algún tipo de estructura intelectual, alguna forma de organización, dentro de la cual se desarrolla. La aprehensión de la realidad siempre implica interrelaciones múltiples entre las acciones cognoscitivas y entre conceptos y significados que estas acciones expresan.

En su aspecto dinámico, el funcionamiento intelectual también se caracteriza por los procesos invariables de la asimilación y la acomodación. Un acto de la inteligencia en el cual la asimilación y la acomodación se hallan en equilibrio constituye una adaptación intelectual. La adaptación supone una coherencia subyacente y las organizaciones son creadas a través de adaptaciones.

La organización es inseparable de la adaptación: son dos procesos complementarios de un único mecanismo, siendo el primero el aspecto interno del ciclo en el cual la adaptación constituye un aspecto externo.

Estos dos aspectos del pensamiento son indisociables: al adaptarse a las cosas el pensamiento se organiza a sí mismo y al organizarse a sí mismo estructura las cosas.

La organización, la asimilación y la acomodación son verdaderamente invariables; todo caso de funcionamiento cognoscitivo supone estas tres características. No obstante, las relaciones entre la asimilación y la acomodación son por completo variables, tanto a lo largo del desarrollo como en cualquiera de sus periodos.

La asimilación se refiere al hecho de que todo enfrentamiento cognoscitivo con un objeto ambiental forzosamente supone algún tipo de estructuración (o reestructuración) cognoscitiva de ese objeto en consonancia con la naturaleza de la organización intelectual que ya es propia del organismo.

La asimilación y la acomodación son mutuamente indisociables desde un principio. La acomodación de estructuras mentales a la realidad implica la existencia de esquemas asimilativos sin los cuales ninguna estructura sería posible. Inversamente, la formación de esquemas a través de la asimilación supone la utilización de realidades externas a las que los primeros deben acomodarse, aunque sólo sea groseramente (Flavell, J. H. 1978).

En síntesis, ninguna estructura es radicalmente nueva, cada una es simplemente una generalización de esta o aquella acción extraída de la estructura precedente.

CAPITULO III

Las ideas previas o concepciones alternativas

1. Generalidades

2. Ideas previas sobre el Equilibrio Químico encontradas en la bibliografía: clasificación y categorización

III. Las ideas previas o concepciones alternativas sobre el equilibrio químico

1. Generalidades

La investigación educativa realizada en las últimas décadas acerca de cómo los estudiantes adquieren conocimientos, pone de manifiesto que los estudiantes poseen ya, unas ideas sobre la naturaleza del mundo que les rodea y estas ideas no siempre concuerdan con el punto de vista de la ciencia

El efecto de las ideas previas de los alumnos en el aprendizaje es enorme. Como señala Giordan, las ideas previas son, más que un almacén para consultas posteriores, una especie de filtro conceptual que permite a los alumnos entender, de alguna manera, el mundo que los rodea.

Sabemos hoy 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 deben tenerse en cuenta como condición necesaria (aunque no suficiente) para un aprendizaje significativo de las ciencias.

Los investigadores en enseñanza de las ciencias comenzaron a estudiar las ideas previas de los alumnos motivados, en parte, por la recomendación de Ausubel sobre la importancia de elegir los conocimientos previos de los alumnos como punto de partida para la instrucción (Ausubel, Novak y Hanesian 1983,

Osborne y Wittrock 1983) resumen la posición de los investigadores sobre las ideas previas de los alumnos cuando afirman que -los alumnos desarrollan ideas sobre el mundo, construyen significados para las palabras que se usan en ciencia y despliegan estrategias para conseguir explicaciones sobre cómo y por qué las cosas se comportan como lo hacen-. Parece claro, que el profesor de ciencias debe contar con que sus alumnos ya poseen un conocimiento alternativo relacionado con la ciencia.

Los resultados de varios años de investigación en el área de ideas previas de los alumnos han puesto de manifiesto una variedad enorme de tales conocimientos alternativos

Las ideas espontáneas de los alumnos se caracterizan, en primer lugar, por ser científicamente incorrectas en muchos casos, lo cual ha contribuido sin duda al desarrollo de la investigación en esta área. Es razonable, en cierta medida, que las ideas previas sean científicamente inadecuadas, porque lo contrario haría innecesario el gran esfuerzo de abstracción y lucha contra el sentido común que implica la construcción de la ciencia. Aunque las ideas espontáneas son construcciones personales y propias de cada sujeto, existen mucho más semejanzas que diferencias entre ellas, lo que ha permitido identificar algunos esquemas comunes en alumnos de países y sistemas educativos distintos (Pintó, Aliberas, Gómez, 1996). Otro rasgo de las ideas previas es su carácter inconexo y a veces contradictorio: un mismo alumno

puede explicar el mismo fenómeno desde varios puntos de vista inconsistentes entre sí (Pozo y Carretero, 1987). A ello ayuda el carácter implícito de las mismas lo cual, por otra parte, dificulta su detección y erradicación.

Muchas veces el sujeto no es consciente de que mantiene concepciones erróneas sobre fenómenos científicos. Entre los resultados más notables de la investigación cabe destacar el paralelismo que existe entre muchas de las ideas previas de los alumnos y determinadas teorías de otras épocas generalmente precientíficas (Pozo, 1987; Whitaker, 1983; Pozo y Carretero 1987).

¿Cuál es el origen de las ideas previas?

Los investigadores han identificado orígenes diversos. Por una parte parece que determinados esquemas conceptuales están ampliamente extendidos en todas las culturas. Esquemas tan sencillos y útiles como "a mayor causa, mayor efecto" chocan a veces con determinados fenómenos científicos.

Por otra parte, parece claro que muchas de las ideas previas de los alumnos tienen su origen en la experiencia cotidiana (Preece, 1984). El lenguaje común, con su característica falta de precisión, estaría en el origen de algunas ideas espontáneas que son reforzadas por aprendizajes inadecuados en el medio social o por los medios de comunicación.

Por último, algunas de las ideas previas sobre fenómenos científicos tienen su origen en el uso de analogías defectuosas en el propio medio escolar,

(p. ej. ciertos modelos que consideran la corriente eléctrica como un fluido)
(Duit, 1991; Pozo, Sanz, Gómez y Limón, 1991)

Además, las ideas previas de los alumnos inciden en las observaciones y en las interpretaciones de las observaciones. Como una consecuencia negativa, las evidencias empíricas que contradicen estas ideas previas a veces se perciben de manera sesgada y, aún en el caso de que se perciban correctamente, no siempre convencen a los alumnos de que sus ideas son erróneas (Duit, 1991)

Es frecuente que los enfoques tradicionales fracasen en el intento de que los alumnos desarrollen las concepciones científicas. Una enseñanza por transmisión que no tiene en cuenta las ideas previas de los alumnos, no logra eliminarlas. Con frecuencia ni siquiera lo consigue una instrucción orientada al cambio conceptual y que tenga, como objetivo explícito, la eliminación de estas ideas previas y su sustitución por concepciones científicas adecuadas (Campanario y Moya, 1998; Carretero y Limón, 1995; Linder 1993). Parece claro, pues, que las ideas previas son resistentes al cambio.

El resultado es que los alumnos mantienen dos esquemas de conocimientos. Por una parte estarían sus conocimientos académicos sobre fenómenos, teorías, leyes, fórmulas y métodos para resolver problemas. Estos conocimientos académicos son útiles en el medio escolar, dado que sirven para resolver ejercicios y para aprobar los exámenes tradicionales. Por otra parte, los alumnos mantienen muchas veces su arsenal de ideas previas, que son útiles

para entender la realidad y para interactuar con el medio que les rodea. (Pozo, 1987; Viennot, 1979; Driver, 1988; Kruger, Palacio y Summers, 1992).

Aunque, como señala Giordan (1996), en un principio, las ideas previas de los alumnos recibieron denominaciones con claras connotaciones negativas (p.e., concepciones erróneas, preconcepciones, errores conceptuales.....), poco a poco se ha pasado a una terminología menos negativa (teorías espontáneas, ciencia intuitiva, marcos alternativos, concepciones espontáneas ...). Este cambio terminológico no es trivial y refleja el cambio de mentalidad que se ha producido entre la comunidad investigadora sobre la naturaleza de las ideas previas y su papel en el aprendizaje.

Ello ha ido acompañado de un mayor conocimiento, por parte de los investigadores y de muchos profesores, de la epistemología de la ciencia y de los mecanismos cognitivos mediante los que se procesa la información.

La existencia de ideas previas científicamente incorrectas permite entender por qué los alumnos plantean ciertas preguntas, aparentemente absurdas, pero que para ellos están llenas de sentido (p.e.¿cómo influye la masa de un objeto en el tiempo que tarda en caer desde cierta altura?) De esta manera, las ideas previas determinan en gran medida qué aspectos de la realidad son dignos de ser estudiados para determinada situación.

Aunque aquí conviene indicar que existe una extensa literatura acerca de los alumnos frente a la ciencia, hay que decir que la mayoría de las veces las concepciones previas que poseen no concuerdan con las asumidas por la Ciencia.

Aunque la mayoría de los estudios se han realizado con alumnos de diversas edades y niveles educativos, sus "ideas" sobre los conceptos y fenómenos con ellos relacionados han sido estudiados reiteradas veces en distintos contextos educativos (Cervantes, A. 1987; Clough, E. y Driver, R. 1985).

2. Ideas previas sobre el Equilibrio Químico encontradas en la bibliografía clasificación y categorización

Las ideas previas reportadas como investigación de esta tesis se recopilaron de la bibliografía especializada, Así como de la página electrónica:
<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048>

La creación de esta página, es un proyecto de investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) N° R-30474-S y consistente en la localización, identificación, captura, análisis, categorización y organización de las ideas previas de los estudiantes en áreas de la biología, física y química que se encuentran en la literatura reciente.

La creación de esta página está bajo la coordinación general del Dr. Fernando Flores Camacho y los responsables por área:

Biología: Dra. Ma. Eugenia Tovar Martínez

Física: Fis. Eduardo José Vega Murguía

Química: Q. Silvia Bello Garcés

Selección de Información

A continuación se resume el proceso que se siguió para la selección de información:

En la bibliografía especializada existen revisiones e integraciones de los trabajos sobre ideas previas. Las ideas previas encontradas en esta recopilación son de los artículos de investigación reportados en revistas internacionales.

Dado que la página electrónica representa un trabajo muy serio y con lineamientos muy precisos se siguieron los mismos lineamientos y criterios para la selección de las ideas previas de las referencias bibliográficas, para este trabajo de tesis.

Se consideraron artículos en las revistas especializadas de educación, enseñanza e investigación educativa.

Formas en las que se enuncian las ideas previas

1. Las ideas previas se presentan como oraciones sintéticas.
2. En el caso de ideas que forman parte de un mismo esquema o patrón se reporta una oración que las agrupa.
3. Las referencias se citan de acuerdo a los criterios de la American Psychology Association (APA).

- **Clasificación y categorización de las ideas previas:**

La clasificación (tablas 1 a 14) se realizó tomando en cuenta el ciclo o nivel educativo (empleando como referencia, en México, el bachillerato) o la edad de los estudiantes en los que se llevó a cabo la investigación que reportan los autores.

Esta primera clasificación se realizó agrupando las ideas previas de acuerdo al tópico investigado.

La segunda clasificación de ideas previas (tablas 15 a 21), corresponde a una categorización elaborada y propuesta por el autor de esta tesis. Debido a que las ideas son numerosas, es necesario su organización en categorías para facilitar su análisis. Las categorías se formaron a partir de las concepciones asociadas, atendiendo a la similitud de los esquemas de pensamiento manifestados por los estudiantes.

Categorías en que se clasifico de acuerdo a esquemas de pensamiento:

- 1.- Comprensión del simbolismo (hay una separación física entre reactivos y productos en una ecuación en el equilibrio).
- 2.- Carácter dinámico del equilibrio químico
- 3.- Las concentraciones en el equilibrio.
- 4.- La constancia de la constante de equilibrio
- 5.- Cambios en las condiciones del equilibrio al modificar las condiciones iniciales.
- 6.- Papel de los catalizadores en el equilibrio
- 7.- Cinética química.

Algunas ideas previas encontradas se pueden ubicar simultáneamente en dos o más concepciones, por lo que en esta categorización se localizan algunas ideas en más de una categoría simultáneamente.

En la segunda parte (clasificación) se ha omitido el nivel de escolaridad, porque las concepciones abarcan los niveles de bachillerato y universitario. Esto manifiesta la persistencia de algunas ideas previas a pesar de la instrucción escolar.

Las tablas 15 a 21 presentan las ideas previas de acuerdo a las concepciones asociadas y presentadas en diversas categorías.

Aunque esta clasificación es una propuesta muy personal, Existe similitudes con las propuestas hechas por otros autores como Driver (1995), Gómez Crespo(1993).

CLASIFICACIÓN POR NIVEL EDUCATIVO Y EDAD DE LAS IDEAS PREVIAS SOBRE EL EQUILIBRIO QUÍMICO ENCONTRADAS EN LA BIBLIOGRAFÍA

Tema: Equilibrio Químico

Tabla 1

Nivel: Bachillerato

Subtema Generalidades del Equilibrio Químico

Grupo	Idea previa	Referencia
Comprensión del simbolismo	Cada lado de una ecuación química es una entidad física independiente.	Gorodetsky M. & Gussarsky E., (1986)
	Cada lado de la ecuación química puede manipularse de manera independiente.	Gussarsky E. & Gorodetsky M., (1990).
	La reacción directa se completa antes de que la reacción inversa empiece.	Huddle, P. A. & Pillay, A. E., (1996)

Tema: Equilibrio Químico

Tabla 2

Nivel: Bachillerato

Subtema Generalidades del Equilibrio Químico

Grupo	Idea previa	Referencia
Carácter dinámico del equilibrio	El equilibrio químico es estático.	Gussarsky E. & Gorodetsky M., (1990).
	Una vez que se obtiene la misma cantidad de reactivos y de productos (equilibrio) ya no se lleva a cabo reacción alguna.	Maskill, R. & Cachapuz, A. F., (1989)
	Las reacciones químicas siempre se llevan a cabo completamente.	Van Driel J. H., De Vos W., Verloop N. & Dekkers H., (1998)
	Las reacciones químicas tienen lugar en una sola dirección.	Van Driel J. H., De Vos W., Verloop N. & Dekkers H., (1998)

Tema: Equilibrio Químico

Nivel: Bachillerato

Subtema Generalidades del Equilibrio Químico

Tabla 3

Grupo	Idea previa	Referencia
Las concentraciones en el equilibrio	Existe una relación aritmética sencilla entre las concentraciones de reactivos y productos.	Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)
	Al equilibrio las concentraciones de reactivos y productos varían constantemente conforme la reacción oscila entre reactivos y productos.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	En el equilibrio la concentración de los reactivos es igual a la del producto.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	Para el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) + \text{calor}$, en el equilibrio la concentración de NO es igual a la concentración de NOCl.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)

Tema: Equilibrio Químico
 Nivel: Bachillerato
 Subtema Generalidades del Equilibrio Químico

Tabla 4

Grupo	Idea previa	Referencia
La constante de equilibrio	K cambia cuando se altera la concentración de uno de los componentes en un sistema en equilibrio.	Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling (1995).
	Cuando la temperatura se modifica y se restablece el equilibrio, la constante de equilibrio es la misma que en las condiciones iniciales.	Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)
	Cuando el volumen se modifica y se restablece el equilibrio, la constante de equilibrio es diferente a la de las condiciones iniciales.	Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)
	K cambia cuando se altera el volumen de un sistema gaseoso en equilibrio.	Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling (1995).
	Las velocidades de reacción directa e inversa se incrementan en la misma proporción en que se alcanza el equilibrio.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	Al equilibrio las velocidades de las reacciones directa e inversa son iguales pero cambiando.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)

Tabla 5

Grupo	Idea previa	Referencia
Cambios en las condiciones de equilibrio	Cuando la temperatura se cambia, se puede predecir la dirección en que cambia el equilibrio sin importar si la reacción es endotérmica o exotérmica.	Van Driel J. H., De Vos W., Verloof N. & Dekkers H., (1998)
	Cuando la temperatura se modifica y se restablece el equilibrio, la constante de equilibrio es la misma que en las condiciones iniciales.	Hacking M. W. & Garnett P. J., (1985)
	Cuando el equilibrio se restablece disminuyendo el volumen, las velocidades de las reacciones directa e inversa serán iguales a las del equilibrio inicial.	Hameed, H., Hacking, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	Cuando el equilibrio se restablece incrementando la temperatura, las velocidades de las reacciones directa e inversa serán iguales a las del equilibrio inicial.	Hameed, H., Hacking, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	Cuando el sistema en equilibrio se perturba incrementando la temperatura, la velocidad de reacción directa disminuirá instantáneamente.	Hameed, H., Hacking, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	Cuando el volumen se modifica y se restablece el equilibrio, la constante de equilibrio es diferente a la de las condiciones iniciales.	Hacking M. W. & Garnett P. J., (1985)
	Cuando el sistema en equilibrio se perturba disminuyendo el volumen, la velocidad de la reacción inversa disminuirá instantáneamente.	Hameed, H., Hacking, M. W. & Garnett, P. J. (1993)

Tabla 5

Grupo	Idea previa	Referencia
Cambios en las condiciones de equilibrio	Los cambios en un sistema en equilibrio incrementan la velocidad de la reacción favorecida y disminuyen la de la reacción opuesta, ej. Al incrementar la temperatura de un sistema exotérmico en equilibrio incrementa la velocidad de la reacción inversa y disminuye la de la reacción directa.	Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling (1995).
	En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) + \text{calor}$. Cuando el equilibrio se restablece incrementando la temperatura, la concentración de NOCl será mayor que en el equilibrio inicial.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) + \text{calor}$. Cuando el equilibrio se restablece después de disminuir el volumen, la concentración de NO será mayor que la del valor ajustado.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) + \text{calor}$. Cuando el equilibrio se restablece después de disminuir el volumen, la concentración de Cl_2 será mayor que la del valor ajustado.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) + \text{calor}$. Cuando el equilibrio se perturba incrementando la concentración de NO, la velocidad de la reacción inversa disminuirá instantáneamente.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)

Tabla 5

Grupo	Idea previa	Referencia
Cambios en las condiciones de equilibrio	En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) + \text{calor}$. Cuando el equilibrio se perturba incrementando la concentración de NO, la velocidad de la reacción inversa disminuirá instantáneamente.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) + \text{calor}$. Cuando el equilibrio se restablece incrementando la concentración de NO, las velocidades de las reacciones directa e inversa serán iguales que las del equilibrio inicial.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	Cuando un sistema se encuentra en equilibrio y ocurre un cambio en las condiciones, la velocidad de la reacción favorecida aumenta pero la velocidad de la otra reacción disminuye.	Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)

Tema: Equilibrio Químico

Nivel: Bachillerato

Subtema Generalidades del Equilibrio Químico

Tabla 6

Grupo	Idea previa	Referencia
El papel de los catalizadores en el equilibrio	Un catalizador puede afectar de forma diferente la velocidad de las reacciones directa e inversa.	Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)
	Cuando se añade un catalizador al sistema en equilibrio, las velocidades de las reacciones directa e inversa no cambian o aumentan dependiendo de que el catalizador favorezca la reacción directa o inversa.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
	En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) + \text{calor}$. Cuando se añade un catalizador al sistema en equilibrio, las concentraciones de NO, Cl_2 y NOCl (todas las especies en la reacción) cambiarán (aumentarán o disminuirán) dependiendo del efecto del catalizador.	Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)

Tema: Equilibrio Químico
 Nivel: Bachillerato
 Subtema Cinética Química

Tabla 7

Grupo	Idea previa	Referencia
Las velocidades de reacción en el equilibrio.	La velocidad de la reacción inversa es igual a la de la reacción directa.	Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)
	La velocidad de la reacción directa se incrementa conforme la reacción avanza.	Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling (1995).
	Entre más rápida o lenta sea la velocidad de una reacción, más grande o pequeña será la cantidad de producto formado.	Maskill, R. & Cachapuz, A. F., (1989)
	Si las velocidades de reacción en el equilibrio son las mismas, entonces la cantidad de reactivos y productos debe ser también la misma.	Maskill, R. & Cachapuz, A. F., (1989)
	La velocidad de reacción directa siempre es igual a la velocidad de reacción inversa.	Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling (1995).

Tema: Equilibrio Químico
 Nivel: Universidad
 Subtema Generalidades del Equilibrio Químico

Tabla 8

Grupo	Idea previa	Referencia
La comprensión del simbolismo	No se reportan	

Tema: Equilibrio Químico
 Nivel: Universidad
 Subtema Generalidades del Equilibrio Químico

Tabla 9

Grupo	Idea previa	Referencia
El carácter dinámico del equilibrio	El equilibrio es como un péndulo oscilante.	Huddle, P. A. & Pillay, A. E., (1996)
	Las reacciones totales y las reversibles son iguales.	Huddle, P. A. & Pillay, A. E., (1996)
	La reacción directa se completa antes de que la reacción inversa empiece.	Huddle, P. A. & Pillay, A. E., (1996)

Tema: Equilibrio Químico
 Nivel: Universidad
 Subtema Generalidades del Equilibrio Químico

Tabla 10

Grupo	Idea previa	Referencia
Las concentraciones en el equilibrio	Un incremento en la cantidad de sólidos produce el mismo incremento en su concentración.	Quiñez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).
	Los sólidos no reaccionan en el equilibrio porque su concentración permanece constante.	Quiñez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).
	La cantidad de sólido puro afecta la posición de equilibrio heterogéneo.	Thomas P. L. & Schwenz R. W. (1998)
	El aumento de la cantidad de una sustancia sólida iónica que se encuentra en equilibrio con sus iones disueltos causará la producción de más iones disueltos.	Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)

Tabla 10

Grupo	Idea previa	Referencia
La constante de equilibrio	Cuando el volumen disminuye y la temperatura se mantiene constante en una reacción química, la concentración de los reactivos disminuye.	Banerjee A. C. (1991)
	Al adicionar agua a una solución de ácido débil, $HA_{(ac)}$, el equilibrio no cambia porque todos los reactivos y productos se diluyen de la misma manera.	Quiñez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).
	Al adicionar agua a una solución de ácido débil, $HA_{(ac)}$, el equilibrio se mueve por que se diluye el ácido que esta en el lado izquierdo de la ecuación de equilibrio. Esta disminución en la concentración de HA se minimizará por la reacción del lado izquierdo procediendo a una mayor aumento que previamente.	Quiñez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).
	En el equilibrio químico hay una conversión del 100%	Quiñez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).
	Velocidad (qué tan rápido) y extensión (cuánto) de una reacción son lo mismo.	Huddle, P. A. & Pillay, A. E., (1996)

Grupo	Idea previa	Referencia
Cambios en las condiciones de equilibrio	Cuando se adicionan más productos a un sistema en equilibrio, a temperatura constante, K_c aumentará.	Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
	El valor de K no depende de la temperatura.	Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
	El valor de K siempre disminuye conforme la temperatura disminuye.	Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
	Al aumentar la temperatura, el calor se puede tratar en la expresión de equilibrio como un reactivo.	Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
	Un valor grande de la constante de equilibrio implica una reacción muy rápida.	Banerjee A. C. (1991)

Tema: Equilibrio Químico
 Nivel: Universidad
 Subtema Principio de Le Chatelier

Tabla 12

Grupo	Idea previa	Referencia
Cambios en las condiciones de equilibrio	Un incremento en la temperatura aumenta la energía cinética de las moléculas, que reaccionan más rápidamente formando más productos.	Camacho, M. & Good, R., (1989).
	El incremento de la temperatura de un sistema gaseoso en equilibrio, a volumen constante, incrementará la presión del sistema; el incremento resultante de presión causará que el equilibrio se mueva hacia el lado de la ecuación química con menos moles de gas.	Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
	El cambio de volumen de un contenedor nunca afecta el equilibrio de un sistema gaseoso homogéneo.	Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
	Mayor presión o menor volumen producirá más colisiones moleculares causando velocidades de reacción más grandes y, por lo tanto, más producto o reacciones más completas.	Camacho, M. & Good, R., (1989).
	Una disminución en el volumen se produce por un incremento en la presión que ocasionará la reacción de una menor cantidad de moléculas (incluyendo sólidos), procediendo a un mayor crecimiento que previamente.	Quiñez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).

Tema: Equilibrio Químico
 Nivel: Universidad
 Subtema Generalidades del Equilibrio Químico

Tabla 13

Grupo	Idea previa	Referencia
El papel que desempeñan los catalizadores en el equilibrio	No se reportan	

Tema: Equilibrio Químico
 Nivel: Universidad
 Subtema Cinética Química

Tabla 14

Grupo	Idea previa	Referencia
Las velocidades de reacción en el equilibrio.	Las constantes de velocidad y las velocidades de reacción son lo mismo.	Camacho, M. & Good, R., (1989).
	Mayor presión o menor volumen producirán más colisiones moleculares causando velocidades de reacción más grandes y por lo tanto más producto o reacciones más completas.	Camacho, M. & Good, R., (1989).
	Un incremento en la temperatura aumenta la energía cinética de las moléculas, que reaccionan más rápidamente formando más productos.	Camacho, M. & Good, R., (1989).
	Al aumentar la temperatura en una reacción exotérmica disminuirá la velocidad de la reacción directa.	Banerjee A. C. (1991)
	Cuando se disminuye la temperatura en una reacción exotérmica, la velocidad de reacción directa aumenta.	Banerjee A. C. (1991)

CATEGORIZACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Tema: Equilibrio Químico
 Subtema: Generalidades del Equilibrio Químico
 Grupo: Comprensión del simbolismo

Tabla 15

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
Cada lado de una ecuación química es una entidad física independiente.	Hay una separación física (compartimentación) entre reactivos y los productos de una reacción.	Gorodetsky M. & Gussarsky E., (1986)
Cada lado de la ecuación química puede manipularse de manera independiente.		Gussarsky E. & Gorodetsky M., (1990).
La reacción directa se completa antes de que la reacción inversa empiece.		Huddle, P. A. & Pillay, A. E., (1996)

Tema: Equilibrio Químico
 Subtema: Generalidades del Equilibrio Químico
 Grupo: Carácter dinámico del equilibrio

Tabla 16

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
Una vez que se obtiene la misma cantidad de reactivos y de productos (equilibrio) ya no se lleva a cabo reacción alguna.	Todas las reacciones se completan o se detienen en el equilibrio.	Maskill, R. & Cachapuz, A. F., (1989)
Las reacciones químicas siempre proceden completamente.		Van Driel J. H., De Vos W., Verloop N. & Dekkers H., (1998)
Las reacciones químicas tienen lugar en una sola dirección.		Van Driel J. H., De Vos W., Verloop N. & Dekkers H., (1998)

Tema: Equilibrio Químico
 Subtema: Generalidades del Equilibrio Químico
 Grupo: Las concentraciones en el equilibrio

Tabla 17

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
Existe una relación aritmética sencilla entre las concentraciones de reactivos y productos.	Las concentraciones de reactivos y productos pueden o no cambiar en el equilibrio.	Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)
Al equilibrio las concentraciones de reactivos y productos varían constantemente conforme la reacción oscila entre reactivos y productos.		Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
Un incremento en la cantidad de sólidos produce el mismo incremento en su concentración.		Quílez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).

Tabla 17

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
Los sólidos no reaccionan en el equilibrio porque su concentración permanece constante.	Las concentraciones de reactivos y productos pueden o no cambiar en el equilibrio	Quílez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).
La cantidad de sólido puro afecta la posición de equilibrio heterogéneo		Thomas P. L. & Schwenz R. W. (1998)
El aumento de la cantidad de una sustancia sólida iónica que se encuentra en equilibrio con sus iones disueltos causará la producción de más iones disueltos.		Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
En el equilibrio la concentración de los reactivos es igual a la del producto.		Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
Cuando el volumen disminuye y la temperatura se mantiene constante en una reacción química, la concentración de los reactivos disminuye.		Banerjee A. C. (1991)
Al adicionar agua a una solución de ácido débil, $HA_{(ac)}$, el equilibrio no cambia porque todos los reactivos y productos se diluyen de la misma manera.		Quílez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).

Tabla 17

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
<p>Para el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g})$ + calor, en el equilibrio la concentración de NO es igual a la concentración de NOCl.</p>	<p>Las concentraciones de reactivos y productos pueden o no cambiar en el equilibrio</p>	<p>Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)</p>
<p>Al adicionar agua a una solución de ácido débil, $\text{HA}_{(\text{ac})}$, el equilibrio se mueve porque se diluye el lado izquierdo de la ecuación de equilibrio. Esta disminución en la concentración de HA se minimizará por la reacción del lado izquierdo procediendo a una mayor concentración que la inicial.</p>		<p>Quiñez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).</p>
<p>La cantidad de sólido puro afecta la posición de equilibrio heterogéneo.</p>		<p>Quiñez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).</p>
<p>El aumento de la cantidad de una sustancia sólida iónica que se encuentra en equilibrio con sus iones disueltos causará la producción de más iones disueltos.</p>		<p>Huddle, P. A. & Pillay, A. E., (1996)</p>

Tema: Equilibrio Químico

Tabla 18

Subtema Generalidades del Equilibrio Químico

Grupo : La constante de equilibrio

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
Cuando se adiciona más productos a un sistema en equilibrio, a temperatura constante, Kc aumentará.	La constante de equilibrio no es en realidad una constante, ya que cambia con las condiciones de equilibrio.	Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
El valor de K no depende de la temperatura.		Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
K cambia cuando se altera la concentración de uno de los componentes en un sistema en equilibrio.		Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling (1995).
El valor de K siempre disminuye conforme la temperatura disminuye.		Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
Cuando la temperatura se modifica y se restablece el equilibrio, la constante de equilibrio es la misma que en las condiciones iniciales.		Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)
Al aumentar la temperatura, el calor se puede tratar en la expresión de equilibrio como un reactivo.		Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)
Cuando el volumen se modifica y se restablece el equilibrio, la constante de equilibrio es diferente a la de las condiciones iniciales.		Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)
K cambia cuando se altera el volumen de un sistema gaseoso en equilibrio.		Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling (1995).

Tabla 18

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
La presión afecta el valor de la constante de equilibrio.	La constante de equilibrio no es en realidad una constante, ya que cambia con las condiciones de equilibrio.	Thomas P. L. & Schwenz R. W. (1998)
Las velocidades de reacción directa e inversa se incrementan en la misma proporción en que se alcanza el equilibrio.		Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
Un valor grande de la constante de equilibrio implica una reacción muy rápida.		Banerjee A. C. (1991)

Tema: Equilibrio Químico
 Subtema Principio de Le Chatelier
 Grupo : Cambios en las condiciones de equilibrio

Tabla 19

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
Cuando la temperatura se cambia, se puede predecir la dirección en que cambia el equilibrio sin importar si la reacción es endotérmica o exotérmica.	Si de modifican las condiciones iniciales de la reacción, se provocan cambios en el equilibrio.	Van Driel J. H., De Vos W., Verloop N. & Dekkers H., (1998)
Un incremento en la temperatura aumenta la energía cinética de las moléculas, que reaccionan más rápidamente formando más productos.		Camacho, M. & Good, R., (1989).
Cuando el equilibrio se restablece disminuyendo el volumen, las velocidades de las reacciones directa e inversa serán iguales a las del equilibrio inicial.		Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
Cuando el equilibrio se restablece incrementando la temperatura, las velocidades de las reacciones directa e inversa serán iguales a las del equilibrio inicial.		Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
Cuando el sistema en equilibrio se perturba incrementando la temperatura, la velocidad de reacción directa disminuirá instantáneamente.		Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
El cambio de volumen de un contenedor nunca afecta el equilibrio de un sistema gaseoso homogéneo.		Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)

Tabla 19

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
<p>Los cambios en un sistema en equilibrio incrementan la velocidad de la reacción favorecida y disminuyen la de la reacción opuesta. Ej. Al incrementar la temperatura de un sistema exotérmico en equilibrio incrementa la velocidad de la reacción inversa y disminuye la de la reacción directa.</p>	<p>Si se modifican las condiciones iniciales de la reacción, se provocan cambios en el equilibrio.</p>	<p>Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling (1995).</p>
<p>El incremento de la temperatura de un sistema gaseoso en equilibrio, a volumen constante, incrementará la presión del sistema; el incremento resultante de presión causará que el equilibrio se mueva hacia el lado de la ecuación química con menos moles de gas.</p>		<p>Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000)</p>
<p>Cuando el sistema en equilibrio se perturba disminuyendo el volumen, la velocidad de reacción inversa disminuirá instantáneamente.</p>		<p>Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)</p>
<p>Mayor presión o menor volumen producirá más colisiones moleculares causando velocidades de reacción más grandes y, por lo tanto, más producto o reacciones más completas.</p>		<p>Camacho, M. & Good, R., (1989).</p>

Tabla 19

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
<p>Una disminución en el volumen se produce por un incremento en la presión que ocasionará la reacción de una menor cantidad de moléculas (incluyendo sólidos), procediendo a una mayor extensión q.e inicialmente.</p>	<p>Si se modifican las condiciones iniciales de la reacción, se provocan cambios en el equilibrio.</p>	<p>Quílez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995).</p>
<p>En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) +$ calor. Cuando el equilibrio se restablece incrementando la temperatura, la concentración de NOCl será mayor que en el equilibrio inicial.</p>		<p>Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)</p>
<p>En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) +$ calor. Cuando el equilibrio se restablece después de disminuir el volumen, la concentración de NO será mayor que la del valor ajustado.</p>		<p>Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)</p>
<p>En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) +$ calor. Cuando el equilibrio se restablece después de disminuir el volumen, la concentración de Cl_2 será mayor que la del valor ajustado.</p>		<p>Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)</p>

Tabla 19

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
<p>En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) +$ calor. Cuando el equilibrio se perturba incrementando la concentración de NO, la velocidad de la reacción inversa disminuirá instantáneamente.</p>	<p>Si se modifican las condiciones iniciales de la reacción, se provocan cambios en el equilibrio.</p>	<p>Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)</p>
<p>En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) +$ calor. Cuando el equilibrio se restablece incrementando la concentración de NO, las velocidades de las reacciones directa e inversa serán iguales que las del equilibrio inicial.</p>		<p>Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)</p>
<p>Cuando un sistema se encuentra en equilibrio y ocurre un cambio en las condiciones, la velocidad de la reacción favorecida aumenta pero la velocidad de la otra reacción disminuye.</p>		<p>Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)</p>

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
Un catalizador puede afectar de forma diferente la velocidad de las reacciones directa e inversa.	Los catalizadores afectan la reacción inversa, la directa o ambas	Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)
Cuando se añade un catalizador al sistema en equilibrio, las velocidades de las reacciones directa e inversa no cambian o aumentan dependiendo de que el catalizador favorezca la reacción directa o inversa.		Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
En el sistema $2\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NOCl}(\text{g}) + \text{calor}$. Cuando se añade un catalizador al sistema en equilibrio, las concentraciones de NO, Cl ₂ y NOCl (todas las especies en la reacción) cambiarán (aumentarán o disminuirán) dependiendo del efecto del catalizador.		Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)

Tema: Equilibrio Químico
 Subtema Cinética Química
 Grupo : La velocidad de reacción en el equilibrio

Tabla 21

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
La velocidad de la reacción inversa es igual a la de la reacción directa.	Las velocidades de reacción directa e inversa cambian a medida que avanza la reacción	Hackling M. W. & Garnett P. J., (1985)
La velocidad de la reacción directa se incrementa conforme la reacción avanza.		Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling (1995).
Entre más rápida o lenta sea la velocidad de una reacción, más grande o pequeña será la cantidad de producto formado.		Maskill, R. & Cachapuz, A. F., (1989)
Si las velocidades de reacción en el equilibrio son las mismas, entonces la cantidad de reactivos y productos debe ser también la misma.		Maskill, R. & Cachapuz, A. F., (1989)
La velocidad de reacción directa siempre es igual a la velocidad de reacción inversa.		Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling (1995).
Entre más rápida o lenta sea la velocidad de una reacción, más grande o pequeña será la cantidad de producto formado.		Maskill, R. & Cachapuz, A. F., (1989)
Al equilibrio las velocidades de las reacciones directa e inversa son iguales pero cambiando.		Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993)
Las constantes de velocidad y las velocidades de reacción son lo mismo.		Camacho, M. & Good, R., (1989).

Tabla 21

Idea previa	Concepción asociada	Referencia
Mayor presión o menor volumen producirá más colisiones moleculares causando velocidades de reacción más grandes y, por lo tanto, más producto o reacciones más completas.	Las velocidades de reacción directa e inversa cambian a medida que avanza la reacción	Camacho, M. & Good, R., (1989).
Un incremento en la temperatura aumenta la energía cinética de las moléculas, que reaccionan más rápidamente formando más productos.		Camacho, M. & Good, R., (1989).
Al aumentar la temperatura en una reacción exotérmica disminuirá la velocidad de la reacción directa.		Banerjee A. C. (1991)
Cuando se disminuye la temperatura en una reacción exotérmica, la velocidad de reacción directa aumenta.		Banerjee A. C. (1991)

ANÁLISIS DE LAS CATEGORÍAS

Se observa en las tablas de la categorización que el mayor número de concepciones alternativas o ideas previas se refieren a la transformación de reactivos y productos. La constancia de su concentración en el equilibrio, seguido de un alto número también de concepciones asociadas a la comprensión de la constancia de la constante de equilibrio cuando se alteran las condiciones de la reacción y finalmente la existencia de confusiones acerca de las velocidades de reacción a medida que se alcanza el equilibrio, a todos estos errores la creencia de los estudiantes de que una vez alcanzado el equilibrio químico, éste es estático, o el uso del principio de Le Chatelier de una forma mecánica y su mal uso cuando hay equilibrios heterogéneos.

Las dificultades que se observan en la aplicación del principio de Le Chatelier debida a los cambios en las condiciones de equilibrio. Muestran una falta de capacidad para distinguir y evaluar la información relevante y esencial para poder aplicar una regla o principio.

Así mismo se observan dificultades de los estudiantes en la comprensión de los conceptos de estequiometría, lo que demuestra que la enseñanza de equilibrio químico, en los programas de estudios, se presenta sin tener en cuenta en que medida los estudiantes comprenden el concepto, que ideas tienen sobre el equilibrio químico y la organización de los conocimientos previos en la estructura cognitiva del estudiante

Las metodologías tradicionales seguidas en clase pueden producir estos errores al expresar en forma verbal todos los supuestos en que se basa el equilibrio químico, de esta manera los estudiantes acaban creyendo lo que se les dice.

Ante esta situación los estudiantes terminan memorizando sin asimilar, y aplicando estas ideas a la resolución de problemas.

A pesar de las investigaciones sobre las ideas previas y su importancia para el cambio conceptual, este tema sigue presentándose tanto por profesores como por los libros de texto, de forma tradicional y simple, sin hacer referencia explícita a sus limitaciones, por lo que el principio de Le Chatelier puede aparecer como un principio infalible, que predice en cualquier caso la evolución de un sistema en equilibrio.

Esta presentación puede llevar a los alumnos a una aplicación mecánica y superficial del mismo y a que no utilicen la expresión de la constante de equilibrio para apoyar sus predicciones.

Los relacionados en la enseñanza del equilibrio químico así como las dificultades didácticas que se presentan al enseñar este concepto pueden ser debidas a carencias y deficiencias epistemológicas y metodológicas de las estrategias empleadas.

CAPITULO IV

La enseñanza del equilibrio químico en el bachillerato

1. Recomendaciones didácticas.
2. Recursos didácticos para apoyar el aprendizaje: juego y actividad experimental.
3. Reflexiones acerca de la evaluación (el aprendizaje significativo)

IV LA ENSEÑANZA DEL EQUILIBRIO QUÍMICO EN EL BACHILLERATO

1. Recomendaciones didácticas

El equilibrio químico es considerado uno de los conceptos con mayores dificultades de aprendizaje de la química, dado que requiere del conocimiento previo de gran número de conceptos básicos relacionados.

Los alumnos deben conocer y comprender la simbología química (signos, símbolos, fórmulas y ecuaciones químicas). Así mismo, se requiere que comprendan lo que es una reacción química y, por ende, la diferencia entre un cambio físico y un cambio químico.

Todo esto implica también un dominio sobre las relaciones cualitativas y cuantitativas que se presentan en las sustancias durante los cambios químicos (leyes ponderales etc.). Ello, unido a la naturaleza abstracta del mismo hace que sea uno de los aspectos más difíciles de enseñar.

Aunado a esto, otro de los problemas de la enseñanza aprendizaje del equilibrio químico en el salón de clases, es el uso de una inadecuada metodología de enseñanza, el emplear métodos tradicionales, y la falta de interés de los profesores para identificar las concepciones alternativas o ideas previas de los estudiantes (ya que puede consumir mucho tiempo), hace que el equilibrio químico, sea uno de los conceptos que presenten mayor dificultad en su desarrollo, y se genere una serie de dificultades y errores conceptuales de gran persistencia, difíciles de eliminar.

La falta de una metodología específica frente a estos problemas, por parte de los profesores, es una de las causas fundamentales que explicaría por qué a pesar de la instrucción sobre el tema persisten interpretaciones erróneas.

Algunas imágenes comunes, en nuestro salón de clases, son las de rostros que tratan de seguir nuestra exposición y manos registrando la mayor parte de la información posible. Hay desconcierto cuando proponemos el tema a debate o problemas a desarrollar. Pocos alumnos realizan los trabajos de refuerzo que se sugieren. Cuando asignamos un trabajo en equipo, se lo dividen "apiñándose" del que más sabe y no pocas veces entregan productos que constituyen una suma inconexa del trabajo individual.

La investigación sobre las preconcepciones, errores conceptuales o concepciones alternativas, cuestiona rotundamente la enseñanza de las ciencias por transmisión de conocimientos elaborados, así como la idea arraigada de que enseñar ciencias supone sólo conocer bien la asignatura y tener experiencia. La reflexión ha favorecido, asimismo, el encuentro entre los diversos planteamientos constructivistas, que se han convertido en lo que muchos consideran un consenso emergente en la enseñanza de las ciencias.

Durante los años 80 comenzaron a publicarse los resultados de investigaciones que resaltan los problemas de aprendizaje con los que se enfrentan los alumnos al estudiar ciencias. Estos estudios muestran la importancia de las ideas previas de los estudiantes para el aprendizaje.

Posner et al (1991), conciben el aprendizaje como un cambio paradigmático del mismo tipo que el que propone Kuhn para explicar la sustitución de unas teorías científicas por otras. Según esta propuesta, aprender ciencias significa sustituir un paradigma basado en las ideas intuitivas por otro nuevo más acorde con las ideas científicas. El aprendizaje de la ciencia es, para estos autores, una actividad racional que pasa por un proceso similar al de la investigación científica; trata en ambos casos de un cambio conceptual.

La nueva forma de enseñar debe perseguir, por lo tanto, que los alumnos modifiquen sus ideas. Tal pretensión no se considera exenta de dificultades, pues se trata de un proceso complicado en el que las tensiones entre lo existente y lo nuevo juegan un papel fundamental, similar al que se produce en los cambios de paradigmas científicos.

El nuevo enfoque metodológico insiste en la necesidad de que los profesores conozcan las ideas previas de los alumnos y empleen estrategias que favorezcan la creación de conflictos cognitivos entre las ideas espontáneas y las ideas científicas, a fin de lograr el deseado cambio conceptual.

Posner y colaboradores (1991) señalan algunos elementos que facilitan el cambio conceptual, que no consideran fácil:

- Debe producirse insatisfacción con las ideas existentes, es decir, que ante determinadas situaciones concretas las ideas no resulten de utilidad para afrontarlas con éxito.

- Debe existir otra concepción, lista para ser usada, que resulte más adecuada y sobre todo más útil.
- La nueva concepción debe ser inteligible a los estudiantes

La resistencia al cambio conceptual la explica Pozo (1997) a partir de las siguientes causas:

- Las estructuras previas de los alumnos no tienen un carácter descriptivo, sino explicativo.
- Esas estructuras componen un sistema complejo que funciona, para las personas, como verdaderas teorías.
- Las teorías son implícitas y no siempre se es capaz de explicarlas.

En la misma obra, Pozo enumera diversos tipos de conflictos que juegan papeles diferentes en la enseñanza de las ciencias:

- Conflicto entre una idea previa y un nuevo dato empírico observable. Ocurre cuando se realiza una predicción errónea con respecto a un fenómeno o un dato.
- Conflictos que se producen en el mismo seno de la teoría entre dos esquemas existentes o tras una reorganización jerárquica de la misma.

Son más difíciles de captar aún por el alumno más capaz de descubrir el conflicto entre los datos y sus predicciones.

Pero dado que el aprendizaje científico es un acto consciente, si el alumno no es capaz de detectar la existencia del conflicto no parece posible que exista aprendizaje. La tarea del profesor es ayudar al alumno a ser consciente del conflicto, haciéndole descubrir sus ideas y teorías previas y a qué predicciones conducen, y estableciendo las diferencias con las repercusiones que tiene el asumir las nuevas informaciones.

Para que se produzca una reestructuración, es fundamental disponer de una teoría alternativa que pueda entrar en conflicto con la existente, pero es difícil que los alumnos de esas edades accedan a ellas por sí solos. El contexto educativo y el cuidado en la presentación de las situaciones de aprendizaje deben facilitar a los estudiantes la asimilación de las nuevas teorías. Para ello es preciso conocer la estructura lógica de la disciplina y la estructura psicológica que tiene que ver con la forma en que los estudiantes han establecido personalmente las relaciones entre los conceptos. Aunque cada individuo establece una relación propia, se ha demostrado que existen unas líneas comunes en función de la edad.

Muchos investigadores en didáctica de las ciencias han elaborado propuestas para lograr que se produzcan cambios conceptuales. Se trata de ofrecer un diseño de las situaciones de aprendizaje, con una secuencia adecuada de actividades. Por ejemplo, Driver (1998) propone la siguiente secuencia:

- La identificación y clarificación de las ideas que ya poseen los alumnos.
- La puesta en cuestión de las ideas de los estudiantes a través del uso de contraejemplos.
- La introducción de nuevos conceptos, bien mediante lluvia de ideas de los alumnos, o por presentación explícita del profesor, o a través de materiales de instrucción.
- El suministro de oportunidades a los estudiantes para que usen las nuevas ideas y puedan adquirir confianza en las mismas.

Aportes como ese han dado origen a una serie de propuestas metodológicas tendientes a producir el cambio conceptual mediante provocación y toma de conciencia de conflictos cognitivos. Varios autores (Driver 1988, Oliva 1999, Posner 1993, Pozo y Gómez 2000), sugieren modelos de cambio conceptual similares a otros, pero que hacen especial hincapié en el carácter social del conflicto cognitivo. Sus propuestas pueden resumirse en las siguientes etapas:

1. Acercamiento. Es la fase inicial, que pretende motivar al alumno para la actividad y despertar en él una curiosidad que sólo se verá satisfecha (conflicto cognitivo) en la medida que resuelva la situación planteada. Esta etapa tiene que movilizar al alumno comprometiéndole afectivamente en la situación. El problema debe estar claramente planteado y tener significado para el sujeto.

2. Expresión de las ideas previas. Motivarle a que a propósito de la situación problemática dé explicaciones que permitan detectar cuáles son las ideas o teorías que maneja.

3. Búsqueda. Para resolver la situación propuesta el alumno tiene que buscar información. La fuente de información variará según el tipo de situación: bibliográfica, experimental, intervención del profesor, audiovisual, etc.

4. Movilización. Las nuevas informaciones recabadas deben permitir al alumno emitir hipótesis y predecir consecuencias. En muchos casos se establecen contradicciones entre las nuevas explicaciones y las ideas preexistentes, lo que desencadena una confrontación y provoca un conflicto socio-cognitivo. El conflicto se produce a nivel interno (afecta a cada alumno en relación a sus ideas anteriores) y a nivel externo (entre los modos de explicación de los diferentes alumnos).

5. Estructuración. La emisión de nuevas hipótesis en la etapa anterior supone la toma en consideración de alternativas explicativas. El rol del profesor en esta etapa es fundamental, ya que es el que garantiza el conocimiento científico. Además, la existencia de nuevas explicaciones supone que los alumnos han establecido nuevas relaciones entre los diferentes conceptos, lo que ha originado la formación de estructuras mentales diferentes.

6. Refuerzo. Para afianzar lo aprendido deben presentarse a los alumnos actividades que los fuercen a aplicar las nuevas estructuras adquiridas. Esta fase es muy importante, pues tales estructuras son al principio muy frágiles y es preciso consolidarlas.

7. Transferencia. En esta última fase se estima necesario proponer actividades que exijan al alumno transferir las recientes adquisiciones mentales a situaciones nuevas.

En general, las propuestas basadas en el cambio conceptual encierran la idea de que los cambios conceptuales producen simultáneamente cambios en la adquisición de procedimientos y actitudes. Pero esas propuestas han sido revisadas desde distintos ámbitos.

Entre estas críticas están las que los consideran como una estrategia de tipo individual-personal, o bien las que cuestionan su eficacia al constatarse la reaparición de las concepciones alternativas después del aprendizaje. Otras voces acusan al modelo de reduccionismo conceptual. Se insiste en que no es suficiente hacer hincapié en el cambio conceptual, ya que los defectos de la enseñanza de las ciencias provienen fundamentalmente de centrarse en los conocimientos declarativos (en los qué), olvidando los procedimentales (los cómo).

Pareciera que la principal dificultad para lograr el cambio proviene del paralelismo existente entre la evolución histórica de la ciencia y la formación de las concepciones intuitivas de los alumnos.

Para ello es necesario enfrentar a los estudiantes con problemas concretos para que emitan hipótesis en función de sus conocimientos previos, que diseñen experimentos, analicen resultados, elaboren conclusiones. Se trata, en definitiva, de superar el pensamiento precientífico, para lo cual se sugiere enfrentar al alumno a situaciones problemáticas cuyo tratamiento suponga encuadrarlas en proyectos de investigación.

Por su parte, desde la psicología cognitiva, se asocia la idea de superar la metodología de la superficialidad con la superación del pensamiento causal cotidiano. Desde esta perspectiva sólo se podrá conseguir el cambio conceptual si se modifican los mecanismos de causalidad lineal.

Desde otras ópticas se ha producido una rectificación de la idea de que hay que sustituir las estructuras del pensamiento cotidiano por las del pensamiento científico, y se propone la coexistencia de ambas. El aprendizaje deberá permitir al alumno reconocer y discriminar las ideas pertenecientes a cada cultura y utilizarlas en los contextos adecuados.

Por lo que la enseñanza desde una perspectiva constructivista requiere de propuestas, y estrategias nuevas y metodologías acordes con las características de cada grupo de estudiantes que incorporen el trabajo participativo y en equipo.

Se requiere, así mismo, de actividades para explorar las ideas de los estudiantes, para evidenciar la falta de capacidad explicativa de las ideas alternativas.

2. Recursos didácticos para apoyar el aprendizaje: juego y actividad experimental

En la perspectiva del juego

Los juegos de vídeo logran atrapar entre sus redes a niños, jóvenes e inclusive a muchos adultos que pierden la noción del tiempo jugando contra una máquina ávidos por alcanzar el siguiente nivel. Muchos los consideran perniciosos y algunos profesores hemos pensado: "cómo quisiera motivar y atrapar así a mis estudiantes en los contenidos del curso".

Con el propósito de aprender algo de ellos, se hacen las siguientes reflexiones:

Estos juegos se caracterizan por plantear al jugador un reto que, para ser superado, requiere aprender ciertas claves y adquirir determinadas pericias y habilidades. Si lo van logrando, les ofrece recompensas parciales y puntaje acumulable hasta que, cuando el reto se supera totalmente, propone uno nuevo y más complejo. Los que "enganchan" mejor al jugador son los que le otorgan el control de la situación y el protagonismo.

Lo sorprendente es que mantienen la atención del jugador sin ofrecerle premios externos, sólo la satisfacción de haber superado la dificultad. ¿Cómo lo logran? ¿A qué claves psicológicas recurren con tanto éxito?

Los diseñadores de juegos de vídeo han encontrado una manera de aprovechar las investigaciones sobre la motivación, especialmente la intrínseca

o motivación por la tarea. Los seres humanos no toleran el misterio sin resolver y el reto sin enfrentar, sobre todo si parece posible vencerlo. El éxito frente a una tarea refuerza la motivación inicial e impulsa hacia nuevos o mayores retos.

Los profesores podemos aprovechar esos mismos principios de la siguiente manera:

Hacer de los problemas el punto de partida y no el de llegada de cada nuevo aprendizaje. Invertir la secuencia tradicional de enseñanza. Plantear a los estudiantes un problema que requiera de nuevos conceptos y habilidades para ser resuelto. Hacerlo resultará provocador y despertará las ganas por aprenderlos y superar el reto inicial. Lo inverso, primero los conceptos, luego algunos ejemplos y finalmente ejercicios de aplicación, puede resultar poco provocador e ineficaz para lograr aprendizajes significativos y de largo plazo.

Proponer problemas, retos o situaciones reales. Los problemas cotidianos, que requieren de nuevos conocimientos para ser resueltos, son eficaces para motivar. También los tomados del ámbito profesional, pues quien sueña con ser contador, abogado o ingeniero no podrá quedarse impávido frente a un problema parecido a los que se enfrentará cuando lo sea.

Diseñar el curso y cada una de las clases como una serie de retos a superar. Elaborar una secuencia que vaya de lo aparentemente más simple hacia lo más complejo y de mayor profundidad.

Brindar frecuentemente información sobre el desempeño. Los estudiantes necesitan saber si están acertando o cometiendo algún error. La retroalimentación positiva, la felicitación por el pequeño acierto refuerza la motivación, e impulsa hacia adelante.

Proponer preguntas en lugar de dar respuestas. Invertir energía en repreguntar y conducir a los estudiantes hacia la formulación de sus propias respuestas, en vez de proporcionárselas, lograr activar sus capacidades de razonamiento y pensamiento crítico, permitirá que se sientan satisfechos con lo que alcanzaron y aún más motivados.

Proponer preguntas y problemas abiertos que permitan la confrontación de diversos puntos de vista y estrategias. Haciéndolo se provocará la profundización y una mejor comprensión de los conceptos, además de motivar hacia la investigación propia. Preguntas y problemas cerrados, de única respuesta, suelen generar pasividad y memorismo sin la adecuada comprensión.

En términos generales, los cambios metodológicos propuestos permitirán mayores y mejores aprendizajes, promoviendo la motivación y el interés de profesores y alumnos y generando un clima de aprendizaje agradable, además de hacer posible la adquisición de conceptos, al mismo tiempo que el desarrollo de habilidades y actitudes indispensables para la vida académica. Tales como las habilidades para la investigación, el análisis, la síntesis, entre otras, así como formar estudiantes con iniciativa, comprometidos y responsables que puedan trabajar exitosamente en equipo.

Esta metodología se basa en la cooperación para alcanzar un objetivo común, permite aprendizajes más significativos y duraderos. El estudiante se encuentra ante el reto, no sólo de aprender en forma individual, sino de explicar a sus compañeros aquello que no entienden, lo cual implica poner en práctica sus habilidades comunicativas, de argumentación y discusión. Se genera un clima de confianza y responsabilidad tal, que los alumnos más inhibidos participan activamente y los menos responsables, son alentados y hasta presionados por su equipo a trabajar con calidad y en los plazos convenientes.

El aprendizaje colaborativo promueve, además del desarrollo de habilidades sociales fundamentales, actitudes como la solidaridad y cooperación.

Al considerar un juego continuo entre lo individual y colectivo, se genera una interdependencia positiva, donde el éxito de la tarea requiere del aporte responsable de todos los miembros

Propuesta para facilitar la comprensión del equilibrio químico

1. Juego "Armando Hoyos "

Como producto de la experiencia docente del autor, se propone el siguiente juego; para facilitar el desarrollo del concepto de equilibrio químico y motivar a los estudiantes.

Uno de los recursos didácticos para el cambio conceptual podría ser hecho aprovechando la instrucción a través de modelos y analogías.

La utilización de analogías en la enseñanza constituye un auxiliar que permite vincular lo cotidiano con el concepto a aprender. Al establecer una mediación pedagógica se contribuye a la apropiación del concepto.

Puede afirmarse que la mayor parte de las personas aprenden mediante el uso de analogías. El poder relacionar conceptos nuevos con otros ya asimilados permite entenderlos e incorporarlos, dando la posibilidad de aplicarlos en la comprensión de nuevos problemas.

A través de la historia de la ciencia, científicos y profesores de ciencia han hecho uso de las analogías para explicar conceptos fundamentalmente importantes.(Brown, 1992; Clement, 1993; Gentner, 1989; Hese,1966; Hoffman,

1980; Lawson, 1993). Las analogías sirven como un modelo inicial para los conceptos.

El propósito de las analogías es explicar contenidos abstractos o difíciles y, consecuentemente, la mayoría de las analogías van de lo concreto a lo abstracto, es decir, el vehículo es concreto y el tópico es abstracto.

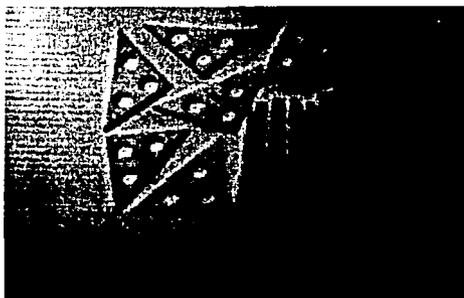
El uso de un juego proporciona a los alumnos un modelo analógico ya formado para la comprensión de dominios nuevos. Se busca un esquema o idea ya presente en la mente del alumno para aplicarlo de modo similar, en un nuevo dominio.

En este caso es fundamental destacar no sólo la similitud sino también las diferencias, para evitar una transposición literal del modelo.

Se diseñó un juego especialmente para permitir hacer una analogía (o comparación) de la velocidad de reacción directa e inversa en el equilibrio químico.

El juego puede considerarse del tipo rompecabezas

Básicamente consiste de pequeñas piezas de material sintético semi-rígido de forma triangular con pequeñas perforaciones circulares en los vértices cerca de los bordes del triángulo, y trozos de pajillas para beber líquido (popotes) de unos 4 a 6 centímetros de longitud del mismo diámetro de las perforaciones hechas en los triángulos.



El juego es un modelo que representará la síntesis (formación) de moléculas de amoníaco, a partir de átomos de nitrógeno (piezas triangulares) y átomos de hidrógeno (pajillas). La construcción de las moléculas de amoníaco partiendo de los elementos, implica iniciar una reacción de síntesis de un compuesto a partir de sus elementos, lo cual involucra una velocidad de reacción de formación del producto (amoníaco) NH_3 .

Pero, dada la naturaleza de la reacción, también hay que considerar en el juego la descomposición del amoníaco en los elementos que le dieron origen (reactivos) nitrógeno e hidrógeno. La velocidad de síntesis o descomposición de esta mezcla de reactivos y productos estará determinada por la habilidad de los jugadores.



Objetivo del Juego. Este juego pretende despertar el entusiasmo y motivar el interés de los estudiantes hacia una actividad que les permita acercarse a la

construcción de moléculas, no en laboratorio, sino a través del juego, en el cual ellos tienen el control de la velocidad de formación de productos, pero en el que también tienen como reto a vencer, la velocidad de descomposición del producto formado.

En este juego, se pone a prueba las habilidades de los estudiantes, sus destrezas, así mismo se genera la participación y el trabajo colaborativo en equipo.

Instrucciones del Juego. Se requiere de dos personas mínimo o de dos equipos de jugadores, con el mismo número de integrantes cada uno, para poder jugar

El juego se realiza sobre una mesa y requiere de dos cajas pequeñas o recipientes de cualquier material (plástico, cartón, etc.). Uno de los recipientes contiene los "átomos" de nitrógeno, y el otro recipiente los "átomos" de hidrógeno

El juego lo inicia uno de los equipos tomando un triángulo e insertando las pajillas dentro de las perforaciones para formar una "molécula de amoníaco" (armar la molécula de amoníaco NH_3), la molécula formada se colocará encima de la mesa.

El segundo equipo tomará el modelo formado ("molécula de amoníaco") y retirará cada una de las pajillas para retornar los elementos a los recipientes correspondientes (desarmar la molécula de amoníaco formada). En el proceso ambos equipos juegan simultáneamente, sólo que el segundo equipo iniciará hasta que se hayan armado las dos primeras moléculas de amoníaco.

El juego debe de realizarse con un límite de tiempo preestablecido para determinar un equipo ganador. Esto es, qué equipo es más veloz, si el de síntesis o el de descomposición de moléculas de amoniaco.

Los tiempos recomendados para el juego son de 5, 6 u 8 minutos.

Al finalizar el juego se contabilizan las moléculas formadas y éstas determinarán cuál de los equipos es el ganador.

En este juego se pone de manifiesto la velocidad de reacción para formar el producto, Así mismo se puede variar el número de jugadores para modificar las condiciones de síntesis del amoniaco, y de esta manera cambiar las condiciones de equilibrio.

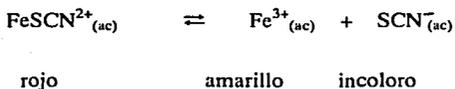
El juego se empleó para la clase de equilibrio en dos grupos, como una estrategia para motivar y de esta manera verificar los objetivos del mismo.

Al variar las características y las condiciones del juego es posible relacionar mejor la analogía con el concepto.

El equilibrio químico es importante para explicar un gran número de fenómenos naturales, y desempeña importantes papeles en muchos procesos industriales. Así que una de las tareas posteriores será la observación experimental (actividad experimental) de una reacción en la cual se alcance un equilibrio químico para relacionar el fenómeno del equilibrio químico con el juego.

2. Experimento

Una actividad indispensable es observar el equilibrio químico en una reacción y experimentar los cambios de las condiciones en el equilibrio; específicamente en este caso, el observar la influencia de los cambios de las concentraciones en el equilibrio en la reacción de tiocianato férrico⁵



Este experimento se realiza por equipo de alumnos.

El propósito de esta actividad experimental es investigar cuál es la dirección en que se desplaza el equilibrio químico por la variación de la concentración de uno de los reactivos.

Material	Reactivos
1 gradilla	Disolución 0.01M de cloruro de hierro (III) 8 ml
4 tubos de ensaye	Disolución 0.01M de Tiocianato de amonio 8 ml
1 agitador	Cloruro de hierro III sólido 0.2 g
	Cloruro de amonio sólido 0.2 g

Pregunta 1. ¿Cuáles son los productos de la reacción entre el cloruro de hierro (III) y el tiocianato de amonio?

⁵ Este equilibrio ya se analizó en el capítulo 1

Aquí se propone que el estudiante explique las ideas y suposiciones que le llevaron a la predicción

Desarrollo

Numerar los tubos de ensayo (del 1 al 4) y en cada uno de ellos colocar 2 mL de disolución de cloruro férrico (FeCl_3) y agregar 2 mL. de disolución de tiocianato de amonio, agitar ligeramente y observar.

Solicitar al alumno que registre las observaciones que realice.

Pregunta 2: Si después de llevarse a cabo la reacción entre el FeCl_3 y el NH_4SCN alcanza un equilibrio ¿qué pasa si a la reacción en equilibrio, se añade más NH_4SCN ?

Solicitar al alumno una predicción, pero que explique qué idea lo llevó a tal suposición

- a) no se observa ningún cambio
- b) el color de la disolución se vuelve más tenue
- c) El color de la disolución se vuelve más intenso
- d) Se establece un nuevo equilibrio, ya que se forman nuevos productos de reacción.

Tomar el segundo tubo de ensayo y añadir 0.2 g de NH_4SCN y agitar ligeramente.

Solicitar al alumno que comparen los resultados con la predicción hecha y que expliquen qué tan diferentes fueron los resultados con respecto a las suposiciones realizadas.

Pregunta 3. Si después de llevarse a cabo la reacción de equilibrio del FeCl_3 y el NH_4SCN se le agrega NH_4Cl , ¿qué ocurre con la reacción en equilibrio?

En el tubo de ensayo número 3 añadir 0.2 g de NH_4Cl y agitar ligeramente.

Registrar las observaciones

Comparaciones. Cuestionar si hay diferencia entre las propuestas y las observaciones, ¿cuál puede ser la causa de esto?

Conclusión: ¿Qué ocurrirá si a la reacción en equilibrio se le añaden 0.2 g de FeCl_3 ?

- a) El equilibrio se desplaza a la izquierda formando más reactivos (se decolora la solución) y se alcanza un nuevo equilibrio.
- b) El equilibrio se desplaza a la derecha formándose más producto (color más intenso) y se alcanza un nuevo equilibrio.
- c) El exceso de FeCl_3 reacciona con los productos que se encuentran en equilibrio formándose nuevos compuestos.
- d) No se aprecia cambio alguno.

Justificar la respuesta y realizar el experimento en el tubo número 4.

Posteriormente se propone hacer el análisis del fenómeno de equilibrio químico y aplicar el concepto de equilibrio utilizando para ello otros modelos o analogías, y finalmente la evaluación del concepto.

La elaboración de un instrumento de evaluación debe contemplar el trabajo individual y colectivo. Y dar pautas sobre el cambio conceptual y el funcionamiento de la nueva concepción.

Evaluación

La evaluación de la propuesta de enseñanza de este trabajo de tesis aunque no se realizó formalmente, Sí se pudieron realizar algunas valoraciones y constatar una serie de aspectos positivos que se describen a continuación:

Existe un aumento de la participación, diálogo e intercambio de ideas de los estudiantes, favorecido, en gran parte, por el trabajo de equipo y las actividades de los alumnos, al cambiar su papel de ser espectadores a protagonistas del proceso de enseñanza.

El uso de una secuencia de razonamiento, al partir de una analogía, permitió ampliar el uso del concepto de equilibrio dinámico.

Aumentó del número de alumnos motivados, debido a la novedad que el método representa para el aprendizaje de un concepto abstracto, de difícil comprensión y que se considera de alto nivel de complejidad.

Además, esta propuesta toma en cuenta las ideas previas de los alumnos lo que favorece poder lograr un cambio conceptual.

Se observó un menor número de errores conceptuales en la aplicación y resolución de problemas relacionados con el concepto y su aplicación, en comparación con otro grupo de estudiantes en el que no se empleó esta propuesta.

Aún cuando esta valoración se realizó con una metodología de clase tradicional, no estandarizada y cuantitativa, los resultados de un examen donde se evaluaban definiciones de conceptos y la resolución de problemas, fue notoria la comprensión del tema que cada grupo alcanzó.

En el modelo tradicional de enseñanza, se descuida claramente el aspecto procedimental, ya que prioriza el dominio de conceptos, sin tener en cuenta los procedimientos que realizan los alumnos y se fomenta la simple memorización de los conceptos.

Por lo tanto, desde el marco constructivista, el profesor deberá dejar de exigir sumisión y fomentar, en cambio la libertad responsable de los estudiantes. Considerar la motivación como un factor fundamental para que el alumno se interese por aprender, ya que el hecho de que el alumno se sienta contento en su clase, con una actitud favorable y una buena relación con el maestro, hará que se motive para aprender.

El aprendizaje significativo se da cuando las tareas están relacionadas y el sujeto decide aprenderlas. Además construye su propio conocimiento porque quiere y está interesado en ello, el aprendizaje no puede darse si el alumno no quiere. Este es un componente de disposiciones emocionales y actitudinales, en donde los docentes sólo podemos influir a través de la motivación.

3. Reflexiones acerca de la evaluación (el aprendizaje significativo)

Aún cuando en los programas de estudio sitúan la enseñanza desde un modelo de instrucción con perspectiva constructivista las estrategias de enseñanza tradicional sigue dominando.

El sentido a la evaluación

Cuando se habla de evaluación en el marco de un curso, son muchas las interpretaciones que pueden ser dadas y ello es obvio, pues existe una gran cantidad de razones, unas más válidas que otras, para realizar evaluaciones en torno a un proceso de enseñanza-aprendizaje. Mencionemos algunas:

1. Valorar y medir el grado de cumplimiento de los objetivos por los alumnos tanto con el propósito de tomar decisiones sobre la aprobación del curso, como para realizar comparaciones entre alumnos y entre cursos. Este tipo de evaluación puede buscar, a su vez, diferentes objetivos: conocimientos, competencias, habilidades, aptitudes, actitudes.
2. Información para el alumno sobre el nivel alcanzado
3. Información para el profesor sobre el proceso de enseñanza.
4. Motivación para el estudiante mediante premios y castigos representados en la calificación.
5. Imposición de un ritmo de trabajo a lo largo del curso.

A continuación se mencionarán algunos de los principales errores que se presentan en el aula en los procesos de evaluación:

Objetivos indefinidos y no explícitos: el primer error, y tal vez el más común, que cometemos es no definir el objetivo de la evaluación explícitamente. Así, la evaluación clásica que encontramos en un curso resulta una peligrosa mezcla de tipos de evaluación, buscando diferentes objetivos implícitos, sin que el docente ni el estudiante tengan claridad de lo que se está buscando.

La informalidad en la evaluación: si el profesor no tiene claridad sobre los objetivos buscados en cada evaluación, difícilmente esta claridad estará disponible para el alumno. En este contexto, la evaluación deberá catalogarse como informal, pues no se han formalizado los objetivos perseguidos. El estudiante al prepararse tendrá que adivinar qué es lo importante y en consecuencia improvisar su proceso de aprendizaje.

El látigo de la evaluación: la evaluación se utiliza como elemento motivador. Profesores que recurren a las pruebas sorpresa o a un número importante de pruebas a lo largo del curso, buscan con ello en la mayoría de casos "disciplinar" al alumno en su estudio. Si bien el objetivo perseguido parecería sano, estas técnicas degradan usualmente el clima del aula y desvían los verdaderos objetivos de estudio: el estudiante reemplaza las metas del curso por la nota.

La realimentación que no existe: el profesor pretende muchas veces a través de los exámenes realizados darle un mensaje al estudiante sobre qué aspectos no han sido adecuadamente trabajados. Sin embargo, encontramos un porcentaje importante de estudiantes que no les agrada revisar un trabajo presentado y corregido y a continuación proceder a estudiar y trabajar en lo que hizo falta. En su lugar, el estudiante que obtuvo malos resultados sale frustrado, independientemente de si preparó a conciencia o no el material asignado y lo que más desea es olvidar el asunto. Las pruebas castigan el error, cuando éste es tal vez la mejor fuente de mejoramiento.

La evaluación que no evalúa: los cursos, en forma errónea probablemente, son seguidos linealmente, tema tras tema, aplicando de paso pruebas a lo largo del proceso. Si un alumno no logra responder alguna pregunta sobre el tema, se presupone que no logró los objetivos relativos a este tema. La calificación (nota) obtenida por el alumno quedará en firme. Poco sirve desde el punto de vista de la nota que el estudiante posteriormente logre los objetivos relativos al tema. De esta forma se violenta el ritmo de trabajo del estudiante y se le desconoce de partida la posibilidad de trabajar posteriormente para lograr los objetivos.

Nos podríamos extender sobre los errores que se cometen en los procesos de evaluación, pero ésta no es la intención de este trabajo.

Simplemente, ilustrar estos errores debería motivar a mirar la evaluación de una forma radicalmente diferente. Los actuales sistemas de evaluación distorsionan el proceso de aprendizaje, lo desvían. El estudiante equivoca los objetivos y cree ver en el indicador de cumplimiento de objetivos (la nota) la meta que debe lograr. Se confunde la medida con lo que se pretende medir. Como toda medida artificial, este indicador se falsea, se cambia, se presiona, se negocia, se optimiza. A su vez esta falsa meta, por ser completamente externa al individuo, genera frustración, falsa seguridad, lo aleja del gusto por aprender, terminando eventualmente en crisis emocionales y en el fracaso académico.

Para comenzar empecemos por abandonar tres tipos de evaluación, los cuales son más dañinos que benéficos:

1. Las evaluaciones que castigan el error por intermedio de una calificación, particularmente cuando son realizadas durante el proceso de aprendizaje. El error no debe ser castigado sino valorizado.
2. Las evaluaciones sin objetivos claros y explícitos para el profesor y para los estudiantes. Estas evaluaciones son una de las principales fuentes de errores y sus efectos son, en muchos casos, lamentables.
3. Las evaluaciones que con el apoyo de una nota son utilizadas para forzar al estudiante a estudiar. Se trata de un elemento de motivación artificial que trae mas problemas que beneficios.

Dejando de lado estos tres tipos de evaluación, pasemos a clasificar en dos las evaluaciones que un curso requiere desde el punto de vista de sus objetivos:

Exámenes: destinados a valorar el cumplimiento de los objetivos del curso por parte de los alumnos. Su propósito es servir de criterio para la aprobación o no del curso, para la comparación de poblaciones de estudiantes y para la comparación de métodos docentes. Su realización será usualmente al final del proceso o de un ciclo dentro del proceso, dándole tiempo a cada estudiante para resolver sus inconvenientes con el tema. Deberían ser pruebas estandarizadas para que sus resultados sirvan para caracterizar los cursos. Su resultado final será una nota, una valoración. Su propósito no es la realimentación del proceso de aprendizaje. Estas pruebas servirán para evidenciar claramente el cumplimiento de los objetivos del curso.

Evaluaciones: destinadas a realimentar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello deben cumplir una serie de características, entre las cuales se encuentra su realización frecuente a lo largo del proceso y la participación activa del estudiante en su "valoración". Las "correcciones" de este tipo de pruebas están orientadas a darle al alumno elementos para su reflexión sobre su progreso en el curso y, en consecuencia, deben ser oportunas y motivadoras. En este contexto, la nota es claramente un obstáculo, por lo que su resultado debe ser cualitativo, por ejemplo siguiendo el siguiente marco:

- Preguntas orientadas a que el estudiante aclare aspectos que no fueron adecuadamente presentados en su trabajo.
- Poner en relieve aquello que se está realizando bien.
- Sugerir caminos para resolver aquello que no está bien desarrollado o de desarrollo incompleto.

Como se observa, ninguno de estos tres pasos tiene la connotación de un castigo. Son fundamentalmente constructivos. Adicionalmente, el alumno debería tener los elementos necesarios para realizar una buena parte de la valoración de su trabajo.

De hecho, es un paraje indispensable: actividad-evaluación. La actividad debe ser correctamente diseñada para lograr los objetivos buscados en la evaluación. Sin actividades ricas, motivadoras, retadoras, difícilmente la evaluación podrá dar resultados de calidad.

Ningún cambio en el currículum, ninguna innovación en la docencia puede darse por terminada si el sistema de evaluación no es revisado, adaptado y puesto en sintonía con los objetivos buscados. Es importante comprender que todo lo que no se evalúa no tiene importancia. En consecuencia, si no existe una clara relación y articulación entre los objetivos, la metodología, las actividades y la evaluación, se presentarán problemas.

En busca de coherencia entre el sistema de evaluación y la propuesta curricular (Casanova M. A. 1998 , Rosales L. C. 1998)

El sistema de evaluación de los aprendizajes, se debe diseñar buscando coherencia con la propuesta curricular.

La evaluación debe concebirse como un proceso formativo y no meramente diagnóstico o informativo.

1.- Aspectos a considerar en la evaluación La evaluación tiene en cuenta los objetivos educativos que se pretendían y el grado en el que se han logrado, los contenidos tratados, el empleo de la infraestructura disponible (materiales e instalaciones), las características de los alumnos y la estrategia didáctica utilizada por el profesor.

A partir de la consideración de los objetivos educativos previstos y los contenidos que se han tratado (conceptuales, procedimentales o actitudinales) se evalúan los aprendizajes realizados por los estudiantes para determinar el grado en el que se han conseguido.

Este estudio constituye la parte más importante de la evaluación. Si se han conseguido los objetivos previstos queda demostrado que la utilización de la estrategia ha sido correcta; en caso contrario, habrá que revisar con más detalle los demás elementos: la adecuación de la evaluación a los estudiantes, el aprovechamiento de la infraestructura y la metodología que se ha empleado,

los contenidos tratados, el grado de profundidad y extensión, los alumnos. Aquí deben considerarse las características de los estudiantes: edad, conocimientos y habilidades previas, experiencias anteriores, capacidades, estilos cognitivos e intereses, a fin de determinar el grado de adecuación de las actividades del programa a las circunstancias de los alumnos.

También se considerarán aspectos como la motivación de los estudiantes y su opinión sobre las actividades realizadas, la organización y la metodología didáctica y el sistema de evaluación utilizado.

2.- Instrumentos para la evaluación contextual.

La evaluación de la eficacia y la eficiencia de un programa deberá realizarse a partir de la observación de su utilización, por parte de los estudiantes y de los profesores, y mediante la recogida de informaciones de diverso tipo:

- Informes: características de los estudiantes (situación inicial)
- Informes: aprendizajes realizados (evaluación formativa y sumativa de los estudiantes) y objetivos previstos.
- Observación e información del profesorado: utilización de los recursos disponibles, características del material, metodología utilizada.
- Valoraciones de los estudiantes sobre su percepción de los aprendizajes realizados. Valoraciones de los profesores sobre los aprendizajes realizados por los estudiantes.

Los fines de la evaluación (Chadwich B. C. & Rivera N. I. 1997)

La evaluación es mucho más que el proceso para calcular o asignar una nota. Evaluar supone tomar en cuenta el punto de partida, el proceso y el punto de llegada para verificar si los estudiantes alcanzaron los objetivos y cómo lo lograron. Por ello, en diversas instituciones del mundo muchos profesores están optando por un sistema de evaluación continuo que permita medir los avances así como el proceso que van siguiendo los estudiantes.

La evaluación sirve a los profesores para obtener evidencias que les permitan juzgar, retroalimentar y calificar la calidad de los aprendizajes de sus estudiantes, así como la efectividad de su proceso de enseñanza. También para saber qué habilidades para aprender han desarrollado los estudiantes y qué piensan del método, los materiales y las tareas propuestos. Es decir, saber acerca de qué aprendizajes estamos logrando y cómo, así como de lo que necesitamos reforzar, modificar o replantear. Sólo así la evaluación será valiosa y un medio para que profesores y estudiantes logremos mejores aprendizajes.

A los estudiantes, más que para aprobar o no un curso, podrá permitirles medir su nivel de aprendizaje, potenciar sus fortalezas y establecer medidas correctivas para superar sus dificultades en el aprendizaje.

Para que la evaluación sea valiosa, se deben establecer claramente los objetivos de aprendizaje y los criterios de evaluación, relativos tanto a los aprendizajes conceptuales, como procedimentales y actitudinales.

Toda evaluación seria debe responder a objetivos y criterios claros y precisos:

- Explicitar a los alumnos los objetivos y criterios de evaluación. Si los estudiantes los conocen y comprenden sabrán con precisión qué se espera de ellos y se esforzarán por conseguirlo.
- Utilizar los resultados de la evaluación para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto implica analizar, revisar y replantear nuestras actividades y prácticas metodológicas y evaluativas a partir de los resultados que nuestros alumnos van alcanzando.

Existen diferentes tipos de contenidos de aprendizaje: conceptual, procedimental y actitudinal. Desarrollarlos en los estudiantes requiere del uso de diversas estrategias metodológicas, dependiendo del tipo de aprendizaje deseado. Lo mismo sucede con la evaluación, dependiendo del tipo de contenido, adoptará diferentes características.

El proceso evaluativo contempla no sólo la evaluación de los contenidos de aprendizaje propios de un curso, sino además la adquisición de estrategias de aprendizaje por parte de los alumnos así como la de la marcha del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La evaluación de los contenidos de aprendizaje

Evaluación de contenidos conceptuales

Habitualmente los profesores plantean pruebas orales o escritas en las que piden se defina un concepto, algo que el alumno suele hacer de memoria, sin una cabal comprensión. Poder dar cuenta verbalmente de un concepto no implica necesariamente dominarlo. Por otro lado, existen conceptos que nosotros usamos muy bien pero que definirlos nos resultaría difícil. Si se quiere que el alumno explique lo que entiende sobre un concepto, se le puede solicitar que lo explique con sus propias palabras y dé ejemplos propios. En cambio si se quiere que demuestre entendimiento sobre las relaciones entre conceptos, puede pedirse que elabore un mapa conceptual. Sin embargo, si lo que se desea es verificar la comprensión más compleja de los contenidos conceptuales, un método es observar su uso en diversas situaciones. Esto puede realizarse proponiendo ejercicios de resolución de conflictos o problemas a partir del uso de los conceptos, que antes que solicitar una definición del concepto, buscan su uso. Estos problemas deberían ser, entre otras cosas, reales, variados, que integren temas, que no impliquen una forma de resolución estereotipada y que contengan más datos de los necesarios para promover su discriminación.

Evaluación de contenidos procedimentales

Un procedimiento es un conjunto de acciones ordenadas, orientadas a la consecución de una meta. A diferencia del aprendizaje conceptual, implica saber hacer algo y no sólo comprenderlo o decirlo. Para aprender un contenido procedimental es necesario saber para qué sirve y cuáles son sus pasos o fases; sin embargo, este conocimiento no define su aprendizaje, su dominio implica, como dijimos, un *saber hacer* y la forma de verificarlo será a través de situaciones prácticas de aplicación en las que se utilice. Pueden conocerse muy bien las fases de un proceso de investigación, pero eso no quiere decir que se sepa investigar.

Los exámenes escritos sólo sirven cuando se intenta evaluar procedimientos que pueden expresarse mediante este medio, como por ejemplo, las representaciones gráficas, los algoritmos matemáticos o los resultados de la deducción y la inferencia. Sin embargo, si se quieren evaluar otros tipos de procedimientos como conocer hasta qué punto los alumnos saben dialogar, debatir, trabajar en equipo, utilizar un instrumento, hacer una exploración bibliográfica, etc. los exámenes escritos no serán el mejor medio. Estos procedimientos sólo podrán ser evaluados mediante la observación sistemática por parte del profesor del despliegue de las habilidades de los estudiantes durante las actividades diseñadas con tal fin.

Evaluación de contenidos actitudinales

Una actitud es una tendencia relativamente duradera, adquirida en la experiencia de socialización, a juzgar de una manera determinada las cosas, las personas, los sucesos o situaciones y a actuar en consonancia con dicha evaluación. En la educación formal éstas han sido poco trabajadas y hasta olvidadas. La dificultad de cuantificarlas objetivamente ha hecho que se cuestione la necesidad de evaluarlas. Sin embargo, el hecho de que su evaluación no resulte tan sencilla no implica que se deban dejar de lado, por el contrario, su ampliamente estudiada importancia en el desarrollo de los estudiantes hace necesario no sólo sean trabajadas sino que sean evaluadas, para así poder ofrecer ayudas educativas con respecto a su desarrollo.

En ese sentido, una estrategia razonable sería definir un listado de actitudes fundamentales que debe desarrollar todo alumno de ese nivel.

Una forma de evaluar las actitudes es la observación sistemática del comportamiento de los estudiantes durante las diferentes actividades que se realicen, las cuales deberán permitir su actuación y expresión libre. Pueden usarse también la autoevaluación de los alumnos y las inter-evaluaciones entre ellos.

Es fundamental generar en los estudiantes una reflexión y evaluación de sus propios procesos de aprendizaje, que les permita ir conociendo sus

estrategias, haciendo un autoanálisis de los procesos que siguen para resolver un problema, los pasos seguidos, los principales logros y dificultades, sus fortalezas y debilidades, a fin de que diseñen estrategias para optimizar sus procesos.

La evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje

Hay que concederse un espacio para evaluar el método de enseñanza y los materiales utilizados. Al final de una clase o de la semana o del tema o unidad tomar unos minutos para preguntar a los estudiantes cuestiones como; cuál fue la parte más difícil del trabajo, si aprendieron, qué preguntas tienen sobre el material utilizado, si consideran que la evaluación estuvo bien planteada, qué podría en general hacerse para mejorar el material y las actividades trabajadas, etc. Esto permitirá al profesor mejorar la calidad y efectividad de las actividades realizadas.

Cambemos el sentido de la evaluación

Hacer un alto en el camino para reflexionar sobre nuestro papel como docentes y los resultados obtenidos, nos plantea un gran número de inquietudes y de preguntas, para las cuales usualmente no se tienen respuestas definitivas y

probablemente nunca se tengan. Esa es la consecuencia de trabajar con algo tan complejo como el proceso de aprendizaje del ser humano.

Muchas de estas inquietudes pueden girar alrededor de cómo motivar a los estudiantes con el curso, cómo generar un espacio de aprendizaje enriquecedor y motivante, cómo lograr que los alumnos comprendan y logren los objetivos planteados. En resumen, cómo involucrar a los alumnos en su propio proceso de aprendizaje. Claro está, estos interrogantes corresponden a una visión particular del proceso de aprendizaje, que difiere fundamentalmente de la teoría de la transmisión de conocimiento, donde el estudiante es visto como un recipiente vacío que debe ser llenado con gran cantidad de información.

La evaluación puede ser vista desde un punto diferente al tradicional, donde el estudiante no sólo es el sujeto de evaluación, sino el actor principal.

En su lugar, estas inquietudes tienen origen en una concepción donde el alumno es el centro de su propia formación. El papel del docente en este contexto dista mucho del expositor clásico, que se limita a recitar los diferentes temas del curso en una carrera contra el reloj para pasar en algún momento por cada uno de los temas de un programa cargado de conocimientos a transmitir.

El papel del docente cambia sustancialmente, pues sus nuevas tareas se relacionan más con la generación creativa de actividades apropiadas, el planteamiento de problemas retadores y pertinentes, la generación de

mecanismos de evaluación, para que el alumno pueda avanzar en la senda de la comprensión del tema objeto de estudio.

Si se acepta el hecho de que el alumno es el centro de su propio proceso de aprendizaje, es fácil pasar a afirmar que para que un proceso de aprendizaje sea exitoso, el alumno debe estar involucrado en dicho proceso. El sentido común y la experiencia diaria nos dicen que un estudiante distante, sentado en una actividad pasiva esperando que un profesor logre "enseñarle" el tema de un curso, no tiene usualmente resultados interesantes, y que si logra "pasar" el curso, probablemente en poco tiempo poco recordará de éste. Realmente nunca logró integrar los conocimientos y habilidades que pretendía desarrollar el curso en su accionar presente y futuro. Nunca desarrolló las conexiones necesarias en su mente para tener el conocimiento disponible y menos para poder usarlo flexiblemente.

¿Qué significa entonces que un alumno se involucre en su proceso de aprendizaje? La respuesta es simple, el alumno está realizando una reflexión permanente sobre la forma como adelanta su proceso y sobre cómo está logrando cumplir los objetivos previstos. Así mismo se plantean estrategias para corregir su propio proceso. En otras palabras, el docente ya no es el protagonista de la evaluación del alumno. Este papel tradicional del profesor en los sistemas actuales, pasa a ser del estudiante. El papel del docente pasa a ser de guía en este proceso.

Cuando examinamos más en detalle esta última afirmación, una gran cantidad de aspectos de un curso cobran sentido, muchos cabos sueltos maravillosamente se unen:

- Un alumno involucrado en su propio proceso de aprendizaje, tal como se ha definido, está aprendiendo a aprender.
- La evaluación deja de ser el elemento artificial de motivación, tras el cual se oculta el docente con problemas en su relación con el curso, para forzar al estudiante poco motivado a cumplir con los objetivos definidos.
- La cultura de la "nota" y de estudiar por la calificación se reduce considerablemente. El alumno va tras el cumplimiento de los objetivos del curso, no de la nota final: sutil pero bien importante diferencia. En consecuencia, la tendencia a la copia, a tratar de falsear los resultados comienza a desaparecer.
- El proceso de formación se individualiza, se adapta a las necesidades y posibilidades de cada alumno.

Parece entonces necesario revisar la evaluación: sus propósitos, sus objetivos, quién es el actor, quién es el observador, quién es el guía. La evaluación puede convertirse en el motor del proceso de aprendizaje y pasar de ser fuente de frustraciones para los estudiantes y dolores de cabeza para los docentes, a ser la herramienta más valiosa de mejoramiento y formación en el aula de clase.

Esta labor requiere de un compromiso de vida del docente, lo cual no necesariamente significa más cantidad de tiempo para esta labor o cursos más pequeños o menos cursos, sino tiempo con más calidad. El problema no es necesariamente de cantidad sino de calidad.

CONCLUSIONES

El Equilibrio Químico ha sido objeto de estudio por una gran cantidad de autores, con el propósito de investigar las dificultades y los errores conceptuales relacionados con el mismo. A pesar de ello, uno de los aspectos menos estudiados han sido las carencias metodológicas para introducir el concepto y las aplicaciones cualitativas, así mismo se ha prestado poca atención a las ideas previas y a las actitudes de los estudiantes hacia su aprendizaje

Se muestran tres dificultades de aprendizaje, que se conectan con las tres supuestas carencias antes esbozadas -la falta de motivación, de capacidad intelectual y de conocimientos previos- que están muy relacionadas y cobran un nuevo significado si se analizan en términos positivos.

La aportación del alumno al proceso de aprendizaje no se limita a un conjunto de conocimientos precisos, incluye también actitudes, motivaciones, expectativas, atribuciones, etc. cuyo origen hay que buscar, al igual que en el caso de los conocimientos previos, en las experiencias que constituyen su propia historia.

Los significados que el alumno construye a partir de la enseñanza, no dependen sólo de sus conocimientos previos pertinentes y de su puesta en relación con el nuevo material de aprendizaje, sino también del sentido que atribuye a este material y a la propia actividad del aprendizaje.

En suma la forma en que se enseña contribuye, aunque sea muchas veces de modo implícito, a consolidar actitudes poco deseables. Así, la falta de interés de los alumnos está vinculada a sus dificultades para asumir las actitudes y valores propios del trabajo científico y del aprendizaje, bastante alejadas de las que caracterizan al conocimiento cotidiano que los alumnos usan en otros contextos. Pero lo que también muestran esas investigaciones es que esas actitudes de los alumnos, además de ser causa de su escaso aprendizaje —los alumnos no interesados no aprenden— son también consecuencia del tipo de enseñanza que reciben —los alumnos que no aprenden no están interesados. De hecho, en el salón de clase, suele presentarse muchas veces el conocimiento científico como un saber acabado, cerrado, difícilmente criticable por los alumnos, por lo que sería raro que los alumnos desarrollaran actitudes propias de los científicos cuando el formato en el que reciben la ciencia está tan alejado de las formas de hacer de los científicos.

Hacer y aprender ciencia requiere ciertos procedimientos que, lejos de ser intuitivos, deben ser enseñados. Finalmente, como es sobradamente conocido, los alumnos tienen dificultades para comprender los conceptos y principios en los que se basan las teorías científicas. De hecho buena parte de la investigación didáctica en las dos últimas décadas ha estado centrada en identificar algunas de estas dificultades conceptuales de los alumnos, caracterizadas por la existencia de fuertes y muy extendidas concepciones alternativas en los estudiantes sobre numerosos fenómenos científicos, que se muestran además muy resistentes al cambio en la enseñanza. Estas

concepciones o ideas de los alumnos son consecuencia de los principios en los que implícitamente se sustentan sus representaciones intuitivas del mundo, que están muy alejados de los que asumen las teorías científicas que les son enseñadas.

No es que los alumnos carezcan de intereses, inteligencia o conocimientos para aprender, sino que la ciencia requiere de ellos asumir unos motivos, una lógica y unos modelos que son muy diferentes de los que se requieren en la vida cotidiana, y por tanto el aprendizaje requiere que los alumnos construyan una nueva mentalidad o racionalidad diferente de la que rige el conocimiento cotidiano. En términos cognitivos, diríamos que el aprendizaje requiere de los alumnos no tanto adquirir nuevos conceptos, habilidades y actitudes como un cambio representacional, una verdadera revolución en la forma en que conciben y representan el mundo en que viven y del que forman parte.

Aunque parece probable que una de las causas por las que persisten las ideas alternativas sea porque ni los textos ni los docentes las tienen en cuenta en la enseñanza, no podemos perder de vista otros aspectos, como pueden ser el desinterés y la falta de motivación de los estudiantes, las dificultades para la comprensión de los textos utilizados en la enseñanza, la desconexión entre las unidades del curso que aparecen como conocimientos fragmentados.

Es necesario realizar un estudio más profundo y detallado acerca de las metodologías empleadas al abordar el concepto del Equilibrio Químico y el

empleo de estrategias que han constituido la base de este trabajo de investigación y análisis.

Así mismo desarrollar estrategias motivadoras a fin de despertar el interés afinar el juego propuesto en este trabajo y desarrollar una evaluación formal del mismo..

El aprendizaje de contenidos científicos es más complejo de lo que el cambio conceptual supone, ya que se pueden dar, y de hecho se dan otras posibilidades, unas más sencillas, en las que se requieren sólo procesos de asimilación o modificación débil, y otras más complejas de reestructuración fuerte. Es frecuente que las ideas que el alumno tiene antes de la enseñanza "convivan" con las académicas, utilizando unas u otras en función del contexto donde se van a aplicar

La concepción de la evaluación debe ser redefinida en un proceso compartido entre docentes y alumnos. La necesidad de realizar una reflexión respecto a la evaluación ha surgido de las actividades realizadas para el desarrollo de valores y actitudes que deben ser de hecho objeto de evaluación. Generalmente las actividades que permiten el desarrollo de actitudes y valores se realizan en un número muy reducido, y se cree que subyacen en los objetivos y no constituyen elementos para la evaluación del rendimiento escolar.

Las actitudes y los valores son implícitos en los contenidos y objetivos. El hecho de diferenciar un triple aspecto de conocimiento nos permite tomar conciencia de las diferentes facetas de la enseñanza, no debiendo por lo tanto ocuparse sólo de una de ellas, generalmente la conceptual. Si no se modifica la

concepción de la evaluación, aún cuando se implementen innovaciones en otros elementos del proceso (diseño de objetivos, selección de contenidos, y estrategias de enseñanza, recursos didácticos, etc.) la actitud de los estudiantes frente a la enseñanza no cambiará y esta actitud es determinante del estilo de aprendizaje.

Glosario de Términos

Adaptación. En la teoría de Piaget, la elaboración, modificación y desarrollo de los esquemas infantiles

Asimilación. En la teoría de Piaget, el proceso de convertir la nueva información en parte de los esquemas presentes.

Cognición. Proceso por el que conocemos y entendemos nuestro mundo.

Concentración. (Química) Es la cantidad de soluto en una determinada cantidad de disolvente. Hay varios métodos de expresar la concentración de las disoluciones.

Conocimiento declarativo. Conocimiento almacenado en la memoria a largo plazo relacionado con el saber "qué". Es el conocimiento que tenemos de nosotros y del mundo.

Conocimiento procedimental. Tipo de conocimiento distinto del conocimiento declarativo, relacionado con saber "cómo". Este tipo de aprendizaje se manifiesta por la realización de habilidades motoras y no por la recuperación constante de información.

Constante de equilibrio Constante característica para cada reacción química, que relaciona las concentraciones específicas de todos los reactivos y todos los productos en el equilibrio a una temperatura y presión determinadas. La constante de equilibrio se denota como K . Cuando las concentraciones se expresan en mol/ litro, la constante se denota como K_c ; cuando las concentraciones se expresan en atmósferas, la constante se denota como K_p .

Entalpía. En Termodinámica es una función de estado que representa el contenido calórico de un sistema

Esquemas. Son unidades complejas de conocimiento que codifican las propiedades de los elementos típicos de las categorías. Los esquemas son instrumentos de reconocimiento que se utilizan para evaluar como se ajustan los datos que se están procesando.

Equilibrio. (Psicología) Para Piaget, es el proceso básico de la adaptación con el cual el individuo busca el balance, o ajuste, entre el ambiente y sus propias estructuras de pensamiento.

Equilibrio Químico. Es el punto en una reacción reversible en donde la velocidad de reacción directa es igual a la velocidad de la reacción inversa

Equilibrio homogéneo. Es el equilibrio que se establece entre reactivos y productos cuando todos están en el mismo estado de agregación.

Equilibrio heterogéneo. Es el equilibrio que se establece entre reactivos y productos pero cuando existen al menos dos estados de agregación diferentes de las sustancias de la mezcla en reacción. Por ejemplo, entre un sólido y un gas o entre sólidos y líquidos

Esquema. Expresión de Piaget para denotar la estructura mental que procesa información, percepciones y experiencias; los esquemas del individuo cambian conforme crece.

Falta de Motivación Los individuos están desmotivados cuando no perciben contingencias entre los resultados y las propias acciones. Perciben sus conductas como causadas por fuerzas fuera de su propio control.

Habilidad. Aptitud, capacidad para realizar una tarea.

Impulso. Necesidad urgente y básica que empuja a su satisfacción. Generalmente se debe a alguna tensión o deficiencia fisiológica (i.e. hambre sed, etc.) que empuja al organismo a la acción: Se suelen distinguir entre impulsos innatos (i.e. necesidades de aire, agua, alimento) e impulsos adquiridos (i.e. miedo, alcohol, drogas). Otros impulsos que se han propuesto

son: logro, actividad, afiliación, curiosidad, exploración, dolor, evitación, sexo, sueño.

Ley de acción de masas Ley propuesta por Cato Guldberg y Peter Waage, es la expresión matemática, en la cual la constante de equilibrio se expresa en términos de la relación entre las concentraciones de reactivos y productos, de acuerdo con la ecuación química balanceada correspondiente a la reacción.

Metaaprendizaje es un término que se refiere al conocimiento que la persona tiene sobre sus propios procesos de aprendizaje, a la conciencia del uso que hace de dichos procesos y a su habilidad para dirigirlos.

Molaridad (Química) unidad de concentración que expresa el número de moles de soluto por litro de disolución.

Motivo. Cada uno de los factores o causas internas que se suponen la base de la conducta humana y de los animales.

Motivación Intrínseca. (MI) Definida por el hecho de realizar una actividad por el placer y la satisfacción que uno experimenta mientras aprende, explora o trata de entender algo nuevo. Aquí se relacionan varios constructos tales como la exploración, la curiosidad, los objetivos de aprendizaje, la intelectualidad intrínseca y, finalmente, la MI para aprender.

De este modo, realizar cosas puede definirse como el hecho de enrolarse en una actividad, por el placer y la satisfacción experimentada cuando uno intenta realizar o crear algo.

Motivación Extrínseca . (ME) Contraria a la MI, la motivación extrínseca pertenece a una amplia variedad de conductas las cuales son medios para llegar a un fin, y no el fin en sí mismas. Hay tres tipos de ME: Regulación externa: La conducta es regulada a través de medios externos tales como premios y castigos. Por ejemplo: un estudiante puede decir, "estudio la noche antes del examen porque mis padres me fuerzan a hacerlo". Regulación introyectada: El individuo comienza a internalizar las razones para sus acciones, pero esta internalización no es verdaderamente autodeterminada, puesto que está limitada a la internalización de pasadas contingencias externas. Por ejemplo: "estudiaré para este examen porque el examen anterior lo reprobé por no estudiar".

Identificación: Es la medida en que la conducta es juzgada importante para el individuo, especialmente lo que percibe como escogido por él mismo, entonces la internalización de motivos extrínsecos se regula a través de identificación. Por ejemplo: "decidí estudiar anoche porque es algo importante para mí".

Presión Parcial. Presión individual ejercida por un gas en una mezcla de gases en un volumen definido. Es igual a la presión que cada gas ejercería si ocupase él solo el mismo volumen total.

Principio de Le Chatelier. Es el principio que establece que cuando se perturba un sistema que está en equilibrio químico, las concentraciones relativas de reactivos y productos se desplazarán de manera que se anulen parcialmente los efectos de la perturbación.

Reacción endotérmica. Reacción química que absorbe energía en forma de calor.

Reacción exotérmica. Reacción química que libera energía en forma de calor

Reacción irreversible. Reacción química en donde los reactivos son transformados hasta casi la totalidad en productos

Reacción reversible. Es una reacción en la cual los productos que son formados reaccionan para formar los reactivos originales.

Velocidad de reacción. La velocidad a la cual se gastan los reactivos o a la cual se forman los productos en una reacción química.

Referencias Bibliográficas

- Andrade G. A., Aparicio P. F. y Soto E. P.** (1997) Equilibrio químico con enfoque constructivista. Universidad Autónoma de Puebla México.
- Ausubel D. P., Novak J. D. & Hanesian H.** (1983) Psicología educativa, Ed. Trillas México.
- Ballesteros J. S.,** (1994) Psicología general: un enfoque cognitivo Ed. McGraw Hill México.
- Banerjee A. C.** (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education* 13 (4), 487-494.
- Brown, T.L. Lemay, H.E. y Bursten, B.E.** (1991) Química la ciencia central, Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 535-572, 581-613
- Brown, D. E.** (1994) Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models. *International Journal of Science Education*, 16(2) 201-214
- Caballer, M. J. y Oñorbe, A.** (1997) "Resolución de problemas y actividades de laboratorio". Cuadernos de formación del profesorado de educación secundaria: Ciencias de la Naturaleza, Barcelona. Ed. Horsori L. Del Carmen.
- Camacho, M. & Good, R.,** (1989). Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*. 26 (3), 251-272
- Campanario, J. M** (1988) Preguntas y respuestas sobre evaluación de los alumnos en la enseñanza de las ciencias., *Terbiya* 19, 69.84

Campanario, J. M (1988^b) Ventajas e inconvenientes de la historia de la ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias ., Revista de Enseñanza de la Física, 5-14

Campanario, J. M. y Moya A. (1988) ¿Cómo enseñar ciencias ? Las principales tendencias y propuestas. Enseñanza de las Ciencias 16(2), 37-52.

Campanario, J. M., Otero, J. C., (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. Enseñanza de las ciencias 18 (2). 155 -169.

Carretero M. , y Limón M., (1995) The teoretical basis of constructivism and its implications for instructional design., V Conference EARLY Aix Provence.

Casanova M. A. (1998) Manual de evaluación educativa, Ed. Humanitas Buenos Aires.

Campanario J. M. y Moya A. (1998) ¿Cómo enseñar ciencias? Las principales tendencias y propuestas. Enseñanza de las Ciencias. 16 (2) 37-52

Cervantes A. (1987) Los conceptos de calor y temperatura: una revisión bibliográfica. Enseñanza de las Ciencias, (5) 66-70.

Clough, E y Driver, R. (1985) Secondary student's conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views. Physics Education 20, 179-182

Craig J. Grace. (2000) Desarrollo Psicológico Pearson Educación, 8° ed. México.

Chadwich B. C. & Rivera N. I. (1997) Evaluación formativa para el docente, ed. Paidós España.

Chang R. (1999) Química McGraw-Hill 6^a Ed México. 507-589

Dagher R. Z., (1994). Does the Use of Analogies Contribute to Conceptual Change? Science Education, 78(6), 601-614

De Cudmani, L. C. , Pesa, M. A. , & Salinas , J., (2000) Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 18(1), 3 -13

Diagnóstico '96 de alumnos de primer ingreso al Colegio de Ciencias y Humanidades, (1997) Secretaria de planeación, U.N.A.M. Colegio de Ciencias y Humanidades.

Diagnóstico '97 de alumnos de primer ingreso al Colegio de Ciencias y Humanidades, (1998) Secretaria de planeación, U.N.A.M. Colegio de Ciencias y Humanidades.

Diagnóstico '98 de alumnos del Colegio de Ciencias y Humanidades, (1999) Secretaria de planeación, U.N.A.M. Colegio de Ciencias y Humanidades.

Dickson R. T. (1992) Introducción a la Química. Publicaciones Cultural, México 291-320

Driver R. (1986) Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos., Enseñanza de las Ciencias 4 (1), 3-15

Driver R. (1988) Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. Enseñanza de las Ciencias 16 (2) 109-120.

- Duit R.** (1991) Students' conceptual frameworks consequence for learning science, Britton eds. *The psychology of Learning Science*. New York.
- Flavell H. John.** (1995) *La psicología evolutiva de Jean Piaget*, Ed Paidós México, 61-103
- Gandulfo G. M. A., Taulament de R. M. R. y Lafont B. E.,** (1992) El juego en el proceso de aprendizaje capacitación y perfeccionamiento docente. Ed. Humanitas Argentina.
- Garnett P.J. M., Garnett P. J., & Hackling** (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of Research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education* 25, 69-95.
- Garriz, J. A., y Chamizo, J. A.,** (1994) *Química*. Addison-Wesley, Iberoamericana, México, 637-681
- Giordan A.,** (1996) ¿Cómo ir más allá de los modelos constructivistas? La utilización de la didáctica de las concepciones de los estudiantes., *Investigación en la Escuela*. 28, 7-22.
- Glynn M. S. and Takahashi T.** (1998) Learning from analogy-enhanced science text *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1129-1149
- Gómez C. M. A.** (1993) *Química, materiales didácticos Ciencias de la naturaleza y de la salud*, Ministerio de Educación y Ciencia, España.
- Gorodetsky M. & Gussarsky E.,** (1986) Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods. *European J. Science Education* 8 (4), 427-441

Gussarsky E. & Gorodetsky M., (1990). On the concept "Chemical Equilibrium": The associative framework. *Journal of Research in Science Teaching*. 27 (3), 197-204.

Hackling. W. M. & Garnett, J. P. (1985) Misconceptions of Chemical Equilibrium *European J. Science Education* 7 (2) 205-214.

Hameed, H., Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1993). Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using a CAI strategy. *International Journal of Science Education* 15 (2), 221-230.

<http://ideasprevias.cinstrum.unam:2048>

Hein M., (1992) Química Grupo Ed. Iberoamerica México., 455-490

Huddle, P. A. & Pillay, A. E., (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African University. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (1), 65-77

Jiménez Aleixandre, M.P. y Sanmartí. N. (1997) "¿Qué ciencia enseñar?: Objetivos y contenidos de la educación secundaria ". Cuadernos de formación del profesorado de educación secundaria: Ciencias de la Naturaleza. Barcelona. Ed Horsori

Kruger C., Palacio D. y Summers M. (1992). Survey of English primary teachers' conceptions of force, energy and materials. *Science Education* (76) 339-351.

- Linder C.**, (1993) University physics students' conceptualizations of factors affecting the speed of sound. *International Journal Science Educación*. 15, 655-662
- Marín M. N.**, (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (1), 80-92,
- Maskill, R. & Cachapuz, A. F.**, (1989). Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association tests to detect developing conceptualizations. *International Journal Science Education*, 11 (1), 57-59
- McTeer W.** (1979) El ámbito de la motivación (ambiental, fisiológica, mental y social). Ed. El manual moderno S.A. México.
- Miras M. y Solé I.** (1990) *Psicología de la educación*. Alianza, Madrid.
- Nuttim, J.** (1989), *Teoría de la motivación humana*. Ed. Paidós, Argentina.
- Oliva. J.M.**, (1999) Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual *Enseñanza de las Ciencias* 17 (1). 93-107
- Oliva. J.M. & Marín M. N.**, (1999) Del cambio conceptual a la adquisición de conocimientos: Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual *Enseñanza de las Ciencias* 17(1). 109-114,
- Osborne R. J. y Witrock M. C.** (1983) Learning science: A generative process. *Science Education*. 67, 489-508
- Pinillos, J. L.** (1975) *Principios de psicología*. Editorial Alianza. Madrid.
- Pintó R., Aliberas J. y Gómez R.** (1996) Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias* 14(2) 221-232.

Pintrich P., Marck R. & Boyle R. (1993) "Beyond cold conceptual Change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual Change" Review of educational Research., 623 (2) 167-199.

Pittman M. K. (1999) Student-Generated Analogies: ¿Another Way of Knowing? Journal of Research in Science Teaching. 36(1), 1-22

Posner G. (1991) Accommodation scientific conception: Toward Theory of conceptual change, Science Education. 66, 211-227

Pozo, J I. y Carretero M. (1987) Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas. ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia ? Infancia y aprendizaje 38, 35-52

Pozo, J I. y Gómez Crespo, M. A. (1994) "La solución de problemas en ciencias de la naturaleza". Solución de problemas, Santillana/Aula XXI Madrid.

Pozo, J. I y Gómez Crespo, M. A. (1996) " El asesoramiento curricular en ciencias de la naturaleza". El asesoramiento psicopedagógico: una perspectiva profesional y constructivista. Alianza Editorial, Madrid.

Pozo, J.I. y Gómez Crespo M. A. (2000) Aprender y enseñar ciencia del conocimiento cotidiano al conocimiento científico 2° ed. Ediciones Morata España.

Pozo, J.I. (1987), Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal. Madrid, Visor

Pozo, J.I. (1996) Aprendices y maestros., Alianza /Psicología Minor, Madrid

Pozo, J. I. (1997) "El cambio sobre el cambio: hacia una nueva concepción del cambio conceptual en la construcción del conocimiento científico" La construcción del conocimiento escolar, Paidós Barcelona.

Pozo, J.I. (1999). "Aprendizaje de contenidos y desarrollo de capacidades en la educación secundaria." *Psicología de la instrucción; la enseñanza y el aprendizaje en la educación secundaria*. Horsori Barcelona.

Preece P. (1984) Intuitive science: learned of triggered, *European Journal of Science Education* 6, 7-10.

Quílez P., J. Sanjosé L.,V (1995), Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: Nuevas aportaciones relacionadas con la correcta aplicación del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias* 13 (1). 72-80.

Quílez-Pardo, J. & Solaz-Portolés, J., (1995). Students' and teachers' misapplication of Le Chatelier's Principle: Implications for the teaching of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*. 32 (9), 939-957.

Quílez P.,J., Solaz P. J.J., Castelló H, y M. Sanjosé L,V, (1993) La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico: Limitaciones del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las ciencias* 11 (3). 281-288,

Reeve J. (1994) *Motivación y emoción*. ed McGraw Hill, España.

Rosales L. C. (1998) *Criterios para una evaluación formativa. Objetivos, contenidos, aprendizaje, recursos*. ed. Narcea Madrid

Ryle G. (1998) *Psicología de la motivación y emoción*. Paidós México.

Sarabia, B. (1992) "El aprendizaje y la enseñanza de actitudes ". J.I. Pozo; B Sarabia y E. Valls: *Los contenidos en la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid Santillana.

Shawn M. G. & Tomone T. (1998) Learning from Analogy-Enhanced Science Text, *Journal of Research in Science Teaching* 35(10), 1129-1149.

Thomas P. L. & Schwenz R. W. (1998) College physical chemistry students' conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching* 35 (10), 1151-1160.

Van Driel J. H., De Vos W., Verloop N. & Dekkers H., (1998) Developing secondary students conceptions of chemical reactions: The introduction of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*. 20(4), 379-392.

Vázquez A., A. (1994). El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores de ciencias *Enseñanza de las ciencias*. 12 (1) 3 -14

Vigostki L. S. (1982) El juego y su función en el desarrollo psíquico del niño *Cuadernos de pedagogía* 85, 39-48

Viennot L. (1979) Spontaneous reasoning in elementary dynamics, *European Journal of Science Education*, 1 (2) 202-222

Voska K. W. & Heikkinen H. W., (2000) Identification and analysis of student conceptions used to solve chemical equilibrium problems. *Journal of Research in Science Teaching*. 37 (2), 160-176.

Whitaker R. J. (1983) Aristotle is not dead: student understanding of trajectory motion. *American Journal of Physics*. 51, 352-357.

White R. T. y Gunstone R. F., (1989) Metalearning and conceptual change, *International Journal of Science Education*, 11 (5) 577- 586.