



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Propuesta metodológica para la enseñanza del equilibrio químico con énfasis en aspectos cualitativos dirigida a estudiantes del colegio Marymount de la ciudad de Medellín

Juan Pablo Flórez Cardona

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Medellín, Colombia
2015

II Propuesta metodológica para la enseñanza del equilibrio químico con énfasis en aspectos cualitativos dirigida a estudiantes del colegio Marymount de la ciudad de Medellín

Propuesta metodológica para la enseñanza del equilibrio químico con énfasis en aspectos cualitativos dirigida a estudiantes del colegio Marymount de la ciudad de Medellín

Juan Pablo Flórez Cardona

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

Daniel Barragán, Doctor en Ciencias - Química

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Medellín, Colombia
2015

Resumen

La enseñanza y el aprendizaje del equilibrio químico son procesos pedagógicos que se consideran “difíciles” o “complejos” desde las clases de química del colegio hasta en las asignaturas básicas de los primeros semestres de universidad; la abstracción mental del equilibrio a escala molecular, los principios fundamentales y la ley del equilibrio, la matemática y la dificultad para la experimentación, son los aspectos comunes asociados a la dificultad de enseñar y aprender el equilibrio químico. Este trabajo procura hacer un aporte metodológico a la enseñanza del concepto de equilibrio químico haciendo énfasis en el análisis y discusión de los conceptos fundamentales necesarios previos al tratamiento cuantitativo a través de la ley de equilibrio; los cuales denominamos *aspectos cualitativos*. Para proceder con la implementación, se escogieron los términos básicos del tema y se discutió la manera cómo se abordarán con los estudiantes: ideas previas, definiciones, y contextualización en ciencias naturales. A continuación se elaboró una propuesta preliminar de unidad didáctica, la cual se compartió con algunos docentes de química, acompañada de una encuesta que indaga sobre la metodología y los contenidos. Los resultados de la encuesta muestran que los docentes consideran pertinente la propuesta para facilitar un aprendizaje significativo del equilibrio químico, destacando como valiosa la aproximación energética al concepto, en lugar de la tradicional aproximación cinética.

Abstract

This work is a new proposal about chemical equilibrium teaching strategy because of the understanding difficulty expressed by the students when it is taught. General concepts about the topic were chosen, and the teaching methods are proposed. A didactic unit was made and shared with chemistry teachers, who answered questionnaires about the methodology, the new emphasis and if it's appropriate for the students. Results show the novelty of this proposal and the pertinence of this new methodology to be applied as a teaching strategy based in qualitative aspects of chemical equilibrium and not in kinetics, as it's usually focused in chemistry courses.

Keywords: Chemical Equilibrium, chemistry teaching, equilibrium properties, qualitative characteristics, equilibrium constant

Contenido

Resumen	III
Contenido.....	V
Lista de figuras.....	VII
Lista de tablas	IX
1. Aspectos Preliminares	10
1.1 Tema	10
1.2 Problema de Investigación.....	10
1.2.1 Antecedentes	10
1.2.2 Formulación de la pregunta	13
1.2.3 Descripción del problema.....	13
1.3 Justificación	15
1.4 Objetivos	16
1.4.1 Objetivo General	16
1.4.2 Objetivos Específicos	16
2. Marco Referencial	17
2.1 Marco Teórico	17
2.2 Marco Disciplinar	18
2.3 Marco Legal.....	26
2.3.1 Contexto Internacional.....	26
2.3.2 Contexto Nacional	26
2.3.3 Contexto Regional.....	27
2.3.4 Contexto Institucional.....	27

2.4	Marco Espacial	28
3.	<i>Diseño metodológico</i>	30
3.1	Tipo de Investigación: Profundización de corte monográfico	30
3.2	Método.....	30
3.3	Enfoque: Cualitativo de corte etnográfico.....	31
3.4	Instrumento de recolección de información.....	31
3.5	Cronograma	32
4.	<i>Trabajo Final</i>	34
4.1	Desarrollo y sistematización de la propuesta	34
4.1.1	Términos a utilizar en la propuesta metodológica.	34
4.1.2	Estructuración de la secuencia a seguir en la propuesta metodológica.	37
4.1.3	Propuesta de unidad didáctica.	60
4.2	Resultados	83
4.2.1	Definición de términos a utilizar	83
4.2.2	Estructuración de la secuencia del tema a enseñar.....	83
4.2.3	Diseño de la unidad didáctica.....	84
4.2.4	Evaluación de la propuesta por parte del docente	84
5.	<i>Conclusiones y recomendaciones</i>	86
5.1	Conclusiones.....	86
5.2	Recomendaciones.....	88
	<i>Referencias</i>	89
A.	<i>Anexo: Explicación de analogías utilizadas</i>	93
B.	<i>Anexo: Ejemplos de ejercicios</i>	98
C.	<i>Anexo: formato encuesta a docente</i>	100

Lista de figuras

Figura 2-1. Expresión de la constante de equilibrio a partir de la reacción dada.	25
Figura 4-1. Diagrama de flujo de explicaciones.	39
Figura 4-2. Proceso a seguir para la definición formal de términos.	41
Figura 4-3. Secuencia propuesta para la explicación de los temas.	43
Figura 4-4. Secuencia propuesta para la explicación de los temas.	45
Figura 4-5. Categorización de analogías a utilizar para explicar las características del equilibrio químico.	48
Figura 4-6. Saberes previos necesarios para abordar el tema de principio de Le Châtelier.	50
Figura 4-7. Secuencia propuesta para la enseñanza del principio de Le Châtelier.	51
Figura 4-8. Variables que alteran el equilibrio químico.	55
Figura 4-9. Relación gráfica entre K_c y Q	56
Figura 4-10. Proceso a seguir en el análisis de situaciones problema de equilibrio químico	58
Figura 4-12. Balanza en equilibrio.	63
Figura 4-13. Igualdad matemática	64
Figura 4-14. Analogía equilibrio económico	65
Figura 4-15. Red trófica, equilibrio ecológico	65
Figura 4-16. Estado estable.	68
Figura 4-17. Equilibrio inestable	68
Figura 4-18. Equilibrio indiferente	68
Figura 4-19. Equilibrio dinámico.	69
Figura 4-20. Equilibrio dinámico.	69

VIII Propuesta metodológica para la enseñanza del equilibrio químico con
énfasis en aspectos cualitativos dirigida a estudiantes del colegio
Marymount de la ciudad de Medellín

Figura 4-21. Sistema	69
Figura 4-22. Sistema abierto	70
Figura 4-23. Sistema cerrado	70
Figura 4-24. Sistema aislado.....	70
Figura 4-25. Cambio reversible 1.....	71
Figura 4-26. Cambio reversible 2.....	71
Figura 4-27. Cambio irreversible 1	71
Figura 4-28. Cambio irreversible 2	71
Figura 4-29. Mezcla homogénea	72
Figura 4-30. Mezcla heterogénea 1.....	72
Figura 4-31. Mezcla heterogénea 2.....	72
Figura 4-32. Analogía obreros paleando arena.....	75
Figura 4-33. Cambio de color en solución al alterar el equilibrio	77
Figura 4-34. Imagen para Analogía de teleféricos	78
Figura 4-35. Diagrama de variables a analizar en el equilibrio químico.....	79
Figura 4-36. Diagrama de desplazamiento del equilibrio.....	80
Figura 5-1. Analogía del barco.....	93
Figura 5-2. Analogía obreros paleando arena.....	94
Figura 5-3. Analogía malabaristas.....	94
Figura A-1. Ilustración de analogía pintor-despintor	96

Lista de tablas

<i>Tabla 3-1 Planificación de actividades</i>	32
<i>Tabla 3-2 Cronograma de actividades</i>	33
<i>Tabla 4-1 Definición de términos</i>	35
<i>Tabla 4-2. Propuesta de situaciones de equilibrio según contexto abordado</i>	40
<i>Tabla 4-3. Propuestas de ejemplos para discusión de los términos.</i>	42
<i>Tabla 4-4. Categorías de las analogías usadas por Raviolo y Garritz (2007).</i>	47
<i>Tabla 4-5. Aspectos analizados y dificultades que presentan las analogías por Raviolo y Garritz (2007).</i>	47
<i>Tabla 4-6. Recomendaciones para la enseñanza del equilibrio químico.</i>	53
<i>Tabla 4-7. Relación entre K_c y Q.</i>	56
<i>Tabla 4-8. Cambios en el estado y posiciones de equilibrio según la variable modificada</i> ...	57
<i>Tabla 4-9. Connotaciones de equilibrio en diferentes disciplinas</i>	66
<i>Tabla 4-10. Connotaciones de equilibrio en diferentes disciplinas</i>	68
<i>Tabla 4-11. Relación entre K_c, Q y comportamiento del sistema.</i>	80
<i>Tabla 4-12. Modificación de parámetros y su efecto en el sistema.</i>	81
<i>Tabla 4-13. Resultados promedio de la encuesta hecha.</i>	85
<i>Tabla C-1</i>	101

1. Aspectos Preliminares

1.1 Tema

El tema de este trabajo final de maestría es la enseñanza del equilibrio químico haciendo énfasis en los aspectos cualitativos y conceptuales que lo enmarcan, en procura de promover un aprendizaje significativo que facilite el estudio de la ley cuantitativa del equilibrio químico.

1.2 Problema de Investigación

1.2.1 Antecedentes

Desde hace más de 30 años se viene investigando cómo enseñar el equilibrio químico, tanto en grados superiores de bachillerato como en primeros semestres de la universidad. Uno de los autores que ha hecho aportes significativos en el tema es *Juan Quílez Pardo*, profesor asociado al Departamento de Educación y Didáctica de las Ciencias Experimentales en la Universidad Jaume I de España. Sus trabajos están principalmente dirigidos hacia las metodologías de enseñanza y el estudio de cómo son entendidos los conceptos asociados al tema por parte de los estudiantes.

En cuanto a la enseñanza del equilibrio químico, Quílez et al. (1993) en su trabajo sobre “La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico” revisaron la presentación del tema en 18 textos de química para secundaria y en 12 para la enseñanza universitaria; además plantearon un problema de equilibrio químico a un total de 26 maestros de secundaria y

primeros semestres de universidad, donde se les pidió que elaboraran un plan de clase para explicarlo, “adición de sulfuro ácido de amonio sólido al equilibrio heterogéneo entre el sulfuro ácido de amonio sólido y los gases amoniaco y sulfuro de hidrógeno”. Los resultados obtenidos en el estudio mostraron, que en los textos evaluados el planteamiento del principio de Le Châtelier es de carácter deductivo y no inductivo, y que no refleja las limitaciones del mismo a ciertas restricciones impuestas al sistema estudiado. De las propuestas de desarrollo del ejercicio planteado a los maestros, se encontró que no se hace un control riguroso de las variables del sistema y que la solución del problema se reduce a un tratamiento memorístico usando algoritmos de resolución y fórmulas que al final no conducen a un análisis del sistema, dando como resultado dificultad en el estudio lógico en términos físico-químicos para explicar el equilibrio químico.

Con el fin de hacer un análisis de cómo es entendido el concepto por parte de los estudiantes, Quílez y Solaz (1996) llevaron a cabo un estudio con 170 estudiantes de primer semestre de universidad. En él, quisieron evaluar con una prueba escrita qué conceptos erróneos tenían los estudiantes acerca del equilibrio químico y adicionalmente, le propusieron a 40 docentes de química que resolvieran un problema relacionado con la prueba resuelta por los estudiantes, para evaluar la relación entre los conceptos que tenían los estudiantes y las enseñanzas de los maestros. Los resultados mostraron que los estudiantes utilizan mal el principio de Le Châtelier y ponen en evidencia que no comprenden sus limitaciones dependiendo de las condiciones del sistema, se usan procedimientos de tipo algorítmico sin un análisis adecuado de la situación, no hay control de las variables en los problemas y hay un uso limitado del principio de equilibrio químico a la hora de abordar otros problemas con otras condiciones en el sistema.

Como aporte para enfrentar los anteriores problemas detectados, Quílez (2006), hace un análisis de las fuentes de error en la didáctica del concepto a través de problemas de equilibrio químico. Se abordaron cuatro aspectos problemáticos: (i)

cambio de volumen del recipiente (en ese caso, un reactor), (ii) adición de un reactivo variando así la presión parcial por cambio de volumen, (iii) control de variables (cambiando alguna de ellas y manteniendo la otra constante) y, (iv) la variación de las condiciones iniciales del sistema. En cada caso, se hace un análisis pormenorizado de todos los detalles que pueden inducir a errores en la enseñanza y el aprendizaje. Participaron en el estudio tres grupos de estudiantes de diferentes niveles académicos, un grupo de químicos recién egresados y un grupo de profesores. Las conclusiones del estudio mostraron que no existe un aprendizaje significativo del concepto por parte de los estudiantes, los docentes podrían estar reforzando los errores con los que usualmente quedan los estudiantes después de estudiar el tema y que el principio de Le Châtelier es utilizado sin analizar las condiciones del sistema y la variación de alguno de los componentes del mismo.

Tomando de referencia los trabajos anteriores, los cuales muestran de manera sistemática las dificultades asociadas al proceso de enseñanza-aprendizaje del equilibrio cuando este se orienta principalmente al análisis de la ley de equilibrio a través del llamado principio de Le-Chatelier, podemos ver que es necesario un trabajo previo de los conceptos en procura de contribuir a facilitar la comprensión del concepto.

Las analogías en la enseñanza del equilibrio.

La aproximación cinética para describir y explicar el estado de equilibrio químico es la que predomina en textos básicos y aulas de clase. Las analogías son las herramientas de la pedagogía más ampliamente utilizadas en el aula de clase. Raviolo y Garritz (2007) hacen una revisión de las diferentes analogías, analizadas por categorías: juegos y actividades lúdicas, situaciones de la vida cotidiana, experimentos sencillos de laboratorio en condiciones donde hay flujo de un fluido no compresible y el uso de máquinas. El uso de estas analogías es una

herramienta valiosa en el aula de clase si se saben utilizar correctamente. No existe una analogía que permita incorporar todos los aspectos que demanda la ilustración y comprensión rigurosa del equilibrio químico. Cada analogía permite ilustrar uno o dos aspectos fundamentales, cualitativos, del equilibrio. Es labor del docente hacer notar las fortalezas y las debilidades de cada analogía. Raviolo y Garritz recomiendan utilizar diferentes analogías para abordar los diversos aspectos del equilibrio químico como son la velocidad de reacción, la reversibilidad del equilibrio, el dinamismo de este, y la respuesta a perturbaciones.

1.2.2 Formulación de la pregunta

La enseñanza del equilibrio químico es un tema que preocupa a los educadores ya que a pesar de los diferentes esfuerzos realizados para implementar metodologías novedosas, este tema sigue siendo de difícil comprensión para los estudiantes, tanto a nivel de colegio como de universidad. Con este trabajo buscamos contribuir al proceso de enseñanza-aprendizaje haciéndonos la siguiente pregunta: ¿Cómo estructurar una estrategia para la enseñanza del equilibrio químico haciendo énfasis en aspectos cualitativos del mismo que aporte elementos para su comprensión conceptual?

1.2.3 Descripción del problema

En el ejercicio de la docencia tradicional la enseñanza del equilibrio químico, tanto en la educación media como en algunos primeros cursos de química básica o general, esta principalmente orientado a relacionar el equilibrio con la constante, a realizar algunas operaciones con su expresión matemática y a hacer un análisis de los aspectos cinéticos a través del llamado principio de Le-Chatelier. Con esta enseñanza tradicional encontramos que los estudiantes asocian directamente el concepto de equilibrio con la expresión matemática de la constante y el principio de Le-Chatelier; logrando en la gran mayoría de los casos escribir correctamente

la expresión de la constante a partir de la ecuación de la reacción química y realizar algunos análisis simples del efecto de una perturbación.

Esta enseñanza tradicional del equilibrio químico está fuertemente influenciada por los textos de química y por las publicaciones en revistas sobre el tema.

Al hacer una revisión de un texto de química general como el de Brown et al.(2004) , encontramos que:

- a.** No hay una clara presentación y discusión del significado del concepto de equilibrio en ciencias naturales, por ejemplo, en física, biología, matemáticas y en otras áreas.
- b.** Si bien es usual encontrar en los capítulos de termodinámica y/o termoquímica la formalización del equilibrio químico en términos de la función de energía libre de Gibbs, no se hace discusión clara y amplia de sus implicaciones en las cualidades del equilibrio químico, por ejemplo, mínimo de energía, estabilidad, constante de equilibrio, composición del equilibrio y perturbaciones.
- c.** El enfoque conceptual predominante para presentar el equilibrio químico es el cinético, usualmente planteando que en el equilibrio la velocidad neta de reacción es cero, por tanto, y asumiendo ley de acción de masas, hay igualdad entre la velocidad de reacción del proceso químico directo y la del inverso; dejando al usuario del texto, docente o estudiante, la interpretación de las implicaciones de todas las consideraciones cinéticas.
- d.** Finalmente, tampoco es usual encontrar que se haga una profunda discusión de cómo se debe interpretar la magnitud de la constante de equilibrio y de cómo se debe manipular adecuadamente para analizar correctamente cualquier tipo de perturbación que se aplica al sistema en estado de equilibrio

químico, por ejemplo, cambios de volumen, presión, concentraciones y temperatura.

Se evidencia según los anteriores antecedentes la necesidad de profundizar en los aspectos conceptuales o cualitativos (previo al cuantitativo con la constante) del equilibrio químico, con el propósito de construir el concepto sobre bases sólidas que promuevan una mejor comprensión de la resolución de problemas y del llamado principio de LeChatelier.

1.3 Justificación

Hay un importante trabajo por realizar en la enseñanza del equilibrio químico y este es en los aspectos cualitativos o conceptuales. Desde el propio significado de “*equilibrio*” en ciencias naturales y en las demás áreas del conocimiento y, la vida cotidiana misma, el docente puede hacer un trabajo interesante para ayudar a construir el significado de la palabra equilibrio en el estudiante: cuándo y cómo lo usa, cuáles son sus principales características, en cuáles situaciones hay diferencias y similitudes en su uso. Para llevar a cabo esta tarea el docente tiene a su alcance una diversidad de herramientas para implementar actividades específicamente orientadas a estudiar el significado de la palabra equilibrio, por ejemplo, analogías, imágenes, juegos de mesa, actividades lúdicas, herramientas computacionales, etc. Después de esta primera fase se puede proceder con el significado de la expresión “equilibrio químico”. Aquí también hay un importante trabajo por hacer, porque antes de ir a situaciones propias de la química, por ejemplo reacciones, se necesita que el docente ayude al estudiante a descubrir el significado del equilibrio en un sistema químico, empezando por el propio significado de sistema: qué es un sistema, cómo se clasifica, cuáles variables son relevantes para su estudio, para qué tipo particular de sistema tendrá significado el equilibrio químico. A continuación es necesario trabajar con el estudiante

cuáles sistemas químicos son de interés en estudio del equilibrio, de manera general: equilibrio sin reacción química y equilibrio con reacción química. Finalmente podremos estar pensando en trabajar, ahora sí, las cualidades principales del equilibrio en un sistema químico, por ejemplo, en equilibrio de fases puras, en equilibrio de solubilidad, en equilibrio de disociación y en equilibrio de reacción química.

Según lo expuesto anteriormente, consideramos que se necesita trabajar en los aspectos cualitativos o conceptuales del equilibrio químico, antes de proceder con el estudio de lo cuantitativo, para así contribuir de manera significativa a disminuir la percepción de dificultad y abstracción que usualmente se tiene del mismo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar una propuesta metodológica para la enseñanza del concepto de equilibrio químico que contribuya a su comprensión conceptual, haciendo énfasis en los aspectos cualitativos o conceptuales que lo fundamentan.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar los principales conceptos que soportan la fundamentación del equilibrio químico y sobre los que se hará énfasis en el diseño de la propuesta metodológica.
- Establecer las estrategias y herramientas que se utilizarán en el diseño de la propuesta para la enseñanza de los aspectos cualitativos del equilibrio químico.
- Diseñar una unidad para la enseñanza del equilibrio químico dirigida a hacer énfasis en los aspectos cualitativos y conceptuales del equilibrio.

2. Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

Desde la perspectiva de las teorías clásicas de enseñanza y aprendizaje, este trabajo se fundamenta en la teoría de *aprendizaje significativo* de David Ausubel. Según Moreira (1993), para Ausubel este tipo de aprendizaje es un proceso a través del cual un nuevo conocimiento se relaciona de manera no literal con los conceptos que el individuo posee previamente y se construyen nuevos significados que son incorporados a la estructura cognitiva del sujeto que aprende. La teoría de Ausubel no ofrece una perspectiva interesante para abordar la enseñanza del equilibrio de manera progresiva desde los conceptos hasta alcanzar una adecuada comprensión y manejo cuantitativo de la ley de equilibrio.

Según Rodríguez (2008), el aprendizaje significativo es un proceso en el cual el sujeto que está aprendiendo asimila a su estructura cognitiva nueva información después de haberle dado un significado lógico, y que se haya vuelto significativa para él gracias a los conceptos previos en los que se “ancló”; el estudiante toma nueva información, transforma los conceptos previos y obtiene nuevos. Esto garantiza que hace conexiones efectivas entre lo que sabía y lo nuevo que ha aprendido.

Las experiencias y vivencias de la vida cotidiana de los estudiantes son un insumo valioso para la construcción de conceptos como el equilibrio químico, (Oliva, 2005). Para incorporar estas vivencias a un proceso de aprendizaje

La definición del equilibrio en química, o mejor, darle un sentido correcto a la palabra equilibrio en química demanda precisar con rigurosidad los siguientes aspectos: el sistema, los límites o frontera del sistema y su naturaleza energética y mecánica, las variables que caracterizan o determinan el equilibrio y las restricciones impuestas. Una vez se tiene claridad sobre los aspectos anteriores también es necesario precisar otros atributos que caracterizan el equilibrio en química, como son la estabilidad y la configuración del sistema en equilibrio.

A continuación se discuten estos diferentes aspectos desde una perspectiva cualitativa y lo más sencilla posible.

1. Algunas definiciones de equilibrio

La palabra equilibrio, como término técnico, se usa en la descripción de eventos fenomenológicos donde están presentes fuerzas, flujos, cambios, o transformaciones en una situación de igualdad. La anterior es la aproximación más general y recurrente al concepto de equilibrio entre los estudiantes. Veamos algunas definiciones usualmente encontradas en textos básicos:

- a.** En física, la sumatoria o el balance de fuerzas sobre un punto de acción debe ser igual a cero para considerar que éste se encuentra en equilibrio (Kane 1991; Serway, R & Jewett, J. 2008; Burbano de Ercilla. S, Burbano, G. , García M. C. 2003); donde este punto de acción, por ejemplo, puede ser: la superficie de contacto entre dos o más cuerpos; la zona donde se encuentran una serie de cuerdas atadas para sostener un pivot en determinada posición, o el punto de referencia donde se balancean dos brazos que sostienen pesos, etc.
- b.** En matemáticas, el equilibrio puede interpretarse como la igualdad entre dos cantidades a ambos lados del signo igual (Jiménez, H. 2006; Pastor, A et al. 2011; Aponte, G et al, 1998; Ibañez, P. García, G. 2009). Por ejemplo

en $Y = 3 + X$ el equilibrio viene determinado por los valores de Y y X que satisfacen la igualdad; si $Y = 1$ entonces $X = -2$.

- c.** En economía, el equilibrio se da cuando la oferta y la demanda se igualan (Spenser, 1993). A modo de ejemplo, el precio de equilibrio de un determinado bien se mantiene constante en la medida que la cantidad demandada por los compradores es igual a la cantidad ofertada por los vendedores. En el caso del dólar de estados unidos no es posible sostener un precio de equilibrio debido a que el ingreso de esta divisa al mercado colombiano se ve afectado por la tasación del café y el petróleo en el exterior; mientras más bajo sea el precio internacional de estos productos menos dólares ingresan al mercado y esto hace que sea más costoso conseguirlos. De ahí la estrategia del Banco de la República de liberar dólares internamente para frenar el alza en el precio. (Vargas. G, 2006; Maza. D, 2002; Gómez. F, 2016)
- d.** En biología la homeostasis hace referencia a una propiedad de los organismos vivos donde mediante mecanismos complejos de autorregulación procuran mantener un equilibrio interno a través del intercambio continuo de materia y energía con su entorno. Este equilibrio biológico se caracteriza por una constancia en el valor promedio de los valores de temperatura y pH de la sangre, entre otras variables (Le Vay, 2004; Aréchiga. H, 2000). Este concepto de equilibrio biológico se hace extensivo a interacciones más complejas entre organismos, poblaciones, ecosistemas, etc. (Schulkin. J. 2000; Gama. M, 2004; Solomon. E, Berg. L, Martin. D, 2013).
- e.** En química, el equilibrio está presente en todos los procesos, haya o no transformación molecular de la materia; equilibrio químico en los cambios de fase, equilibrio químico en reacciones. Es usual encontrar que las

reacciones químicas se clasifiquen como reversibles e irreversibles; esta clasificación es de carácter cinético e indica si el equilibrio está muy desplazado hacia la formación de productos o no (Stoker. S, 2007; Brown et al, 2004; Atkins. P, & Jones. L, 2008). Un ejemplo de proceso químico sin reacción que se clasifica como irreversible es la disociación iónica o electrolítica de sal de cocina, NaCl, en agua. Para ejemplificar una reacción reversible, podemos considerar la síntesis de amoníaco, NH_3 , donde 2 moles de nitrógeno (N_2) reaccionan con 3 de hidrógeno (H_2) para formar dos moles de amoníaco (NH_3), y a su vez el amoníaco se disocia para producir los reactivos iniciales, (Brown et al., 2004). Ilustrar o evidenciar experimentalmente el equilibrio es una tarea difícil, por esto usualmente se hace mediante la utilización de analogías como la de los malabaristas que intercambian objetos como pelotas de tenis o pinos, que representan la cantidad reactivos y productos en la reacción química (Raviolo, A., & Garritz, A. 2007).

Dependiendo del estado de agregación de la especie reaccionantes, es usual también que el equilibrio químico se clasifique como homogéneo o heterogéneo (González, 2011). Equilibrio homogéneo hace referencia que todas las especies participantes en el equilibrio están en el mismo estado de agregación, mientras que el heterogéneo indica presencia de diferentes fases; a modo de ejemplo, el equilibrio de solubilidad es un equilibrio heterogéneo sólido-líquido sin reacción química, la reacción ácido-base en medio acuoso es un equilibrio homogéneo con reacción química.

2. Sistema

El sistema se define como aquella porción del universo que es objeto de interés y para la cual queremos estudiar sus características. En esencia el sistema es aquello sobre el cual el experimentador tiene acceso para controlar, modificar y medir. Se diferenciarán tres tipos de sistemas (Sears & Salinger, 1980; Rolle. K, 2006; Zamora. M, 1998; Moran. M, Shapiro. H, 2005):

- a. Sistema aislado, el cual puede ser definido como aquel al cual el experimentador no tiene ningún tipo de acceso, dado que éste no presenta ningún tipo de interacción material o energética con sus alrededores.
- b. Sistema cerrado, se considera aquel que tiene un intercambio de energía con sus alrededores, pero no puede intercambiar materia con ellos. En química, el equilibrio está definido para sistemas cerrados.
- c. Sistema abierto, en el cual hay un libre y continuo intercambio material y energético entre el sistema y su entorno.

Cuando el experimentador está interesado en estudiar la naturaleza molecular de la materia, sus interacciones y transformaciones físicas y químicas, se entiende que está realizando un estudio químico. Así, en química, el sistema objeto de estudio puede ser un átomo, un enlace químico, una molécula, una sustancia pura, una solución o una reacción química. El equilibrio químico está caracterizado por un equilibrio material bajo ciertas restricciones en las variables de estado, como es que la temperatura sea constante. Por tanto, para el estudio del equilibrio en química el sistema debe ser cerrado. La frontera que delimita el sistema de su entorno pueden ser paredes fijas o móviles y deben ser diatérmicas. Otras características de las paredes, como la permeabilidad, también se deben considerar según el sistema químico en estudio.

3. Variables para el estudio del equilibrio

Para estudiar o caracterizar un sistema el experimentador debe determinar cuáles cantidades permanecen constantes y cuales cambian de magnitud cuando se lleva a cabo una interacción material y/o energética entre el sistema y su entorno; a las primeras se les denomina parámetros y a las segundas variables (Brown et al. 2004; Moran. M, Shapiro. H, 2005; Stoker. S, 2007). Cantidades como la temperatura, la presión, el volumen, la concentración pueden ser parámetros o variables en el estudio de un sistema químico. En el caso particular del equilibrio en química todas las cantidades anteriores deben ser constantes en el sistema. Es usual que el experimentador mediante un control externo, baño térmico, fije la temperatura del sistema, mientras estudia el cambio en la concentración de este, en particular cuando se estudia la respuesta ante una perturbación material externa.

4. Estabilidad

La respuesta a una perturbación finita de un sistema en estado de equilibrio, permite evaluar un atributo importante de todo sistema en equilibrio y es su estabilidad energética con respecto a su entorno. De acuerdo a la respuesta del sistema, entiéndase que pasa con el estado del sistema, la estabilidad de un sistema en equilibrio puede ser (Sears & Salinger, 1980; Moran. M, Shapiro. H, 2005):

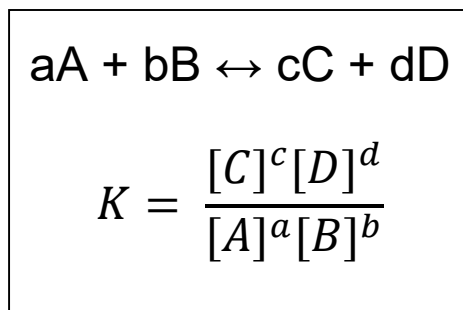
- a. Estable, cuando el sistema está en su estado global de mínima energía. Un ejemplo es una canica en una cuenca, donde a pesar de desplazarla en cualquier dirección de la concavidad, esta al final termina regresando al mínimo. El equilibrio de un sistema químico cerrado es estable, ya que este corresponde a un mínimo de energía bajo ciertas restricciones, como son temperatura y presión constantes.

- b. Inestable, cuando el sistema está en un estado de alta energía. El ejemplo es el opuesto del estado estable, donde la canica está en la cresta de una superficie convexa, y ante la perturbación, esta tiende a buscar una posición de menor energía.
- c. Metaestable, cuando el sistema en determinadas condiciones iniciales está energéticamente estable y ante determinada perturbación tiende a adquirir un estado de menor energía que el inicial. Por ejemplo, una canica en una superficie cóncava ligeramente profunda. Si se le da un pequeño empujón, esta podrá salir fácilmente adquiriendo un menor estado de energía.
- d. Indiferente, cuando a pesar de perturbar el sistema, este no cambia sus condiciones de estabilidad. Una pelota en una superficie plana horizontal es un buen ejemplo; si se empuja de un lado hacia otro en la misma superficie, su estado energético no variará.

5. Constante de equilibrio, K_c .

En el equilibrio se pueden cuantificar todas las especies que participan de la reacción, determinando la proporción relativa entre ellas, permitiendo observar cuales especies predominan en el equilibrio, si reactivos o productos, o ambas (Myers. R, 2003). Esta cuantificación permite calcular la constante de equilibrio (K_c), que depende exclusivamente de la temperatura controlada del sistema. En la Figura 2-1. Expresión de la constante de equilibrio a partir de la reacción dada. K_c se expresa analíticamente como el producto de la concentración de las especies producidas elevadas al coeficiente estequiométrico de cada especie de la reacción balanceada, dividido por el producto de las concentraciones de los reactivos elevados a la magnitud del coeficiente estequiométrico de cada especie reactante en la ecuación química.

Figura 2-1. Expresión de la constante de equilibrio a partir de la reacción dada.



Fuente: elaboración propia

La magnitud de la constante de equilibrio para una reacción química, a temperatura constante, establece el estado de equilibrio de manera unívoca.

En el estudio del equilibrio químico, en sistema cerrado a temperatura y presión constantes, es usual encontrar que en todos los textos de química básica se recurre al denominado principio de LeChâtelier (Brown et al.2004; Stoker. S, 2007; Atkins. P, & Jones. L, 2008). ¿Pero qué estudia y qué nos enseña el principio de LeChâtelier?

El principio de LeChâtelier, aplicado al estudio de una reacción en equilibrio químico, nos enseña que la magnitud de la constante de equilibrio no cambia mientras todas las perturbaciones que se apliquen sobre la reacción se hagan bajo temperatura controlada (baño termostático). Lo que sí cambia cuando se hace una perturbación química al sistema en equilibrio es la composición relativa entre las especies, según la estequiometría, desplazando el equilibrio hacia la formación de más productos o más reactivos. A este cambio en la configuración del estado de equilibrio, en cuanto a la composición relativa de productos y reactivos, en este trabajo lo denominamos *posición del equilibrio*. En esencia, el principio de LeChâtelier es una consecuencia directa del carácter dinámico y reversible del equilibrio químico.

2.3 Marco Legal

2.3.1 Contexto Internacional

A nivel internacional, la IUPAC (*Unión internacional de química pura y aplicada*, por sus siglas en inglés) es la organización encargada de guiar lo que se hace en términos de química en pro del bienestar de la humanidad. Entre las funciones, se encarga por ejemplo de dar estándares de nomenclatura de compuestos químicos tanto orgánicos como inorgánicos. Esta entidad, tiene como proyecto emprender esfuerzos para lo que podemos entender como la regularización de conceptos que deben desarrollar los estudiantes en su educación básica primaria y secundaria a nivel mundial (IUPAC, 2013).

2.3.2 Contexto Nacional

A nivel nacional, El plan nacional de desarrollo del actual presidente, contempla la educación como uno de los ejes fundamentales de desarrollo. Para proponerse la meta de “*Colombia la más educada*”, se hizo un análisis de resultados en pruebas internas para educación básica, media y superior (como lo son las pruebas saber y saber-pro) y los resultados obtenidos al medirse según estándares internacionales como las pruebas PISA donde Colombia se ubica por debajo de la media (DNP, 2015). Esto ayuda al hecho de que se fomente la investigación en la enseñanza y abra puertas para que trabajos como este, los que se han hecho y los que están por desarrollarse, sean posibles de manera directa transformando la labor educativa para lograr mejores resultados.

Esta política ha hecho que se destinen más recursos para la formación docente y afecte positivamente las regiones.

2.3.3 Contexto Regional

Antioquia es un departamento que se puede considerar como un modelo a menor escala de lo que se pretende hacer a nivel nacional. La política actual hace referencia a la educación como eje fundamental de desarrollo desde su mismo nombre y directamente en su segunda línea de trabajo: *Antioquia la más educada* (Fajardo, 2012). Con dineros provenientes del gobierno nacional y de la misma gobernación, se han dado becas para estudios relacionados con maestrías docentes y así apostarle desde aquí con el pilar fundamental de la calidad en la educación. Por eso, varias instituciones hacen grandes esfuerzos por formar docentes comprometidos en todas las áreas del conocimiento, entre ellas la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

2.3.4 Contexto Institucional

Este esfuerzo, como se ha explicado desde su mismo título, es un trabajo que pretende intervenir la enseñanza del concepto de equilibrio químico con las estudiantes del *colegio Marymount* del Municipio de Medellín. A pesar de ser una institución de carácter privado y de no recibir dineros provenientes de la nación o del gobierno departamental, se preocupa por formar integralmente a sus alumnas. Parte de esta formación integral involucra la enseñanza de conocimientos en ciencias exactas y naturales. Su propuesta se basa en la educación diferenciada y en las características neurocognitivas de las mujeres (Marymount, 2015). Una propuesta metodológica de este tipo favorece a la formación de las estudiantes de grados superiores quienes cursan química general, ya que son más permeables al material visual como el que se pretende desarrollar en esta propuesta.

2.4 Marco Espacial

El público objetivo de este trabajo es el docente a cargo de la materia de química general, quien será el que dará su opinión final para el mismo, pero la caracterización del público a quien se dirigirá en última instancia el trabajo son las alumnas del colegio Marymount, por lo que a continuación se caracteriza esta población en específico.

- a. **Contexto geográfico:** El colegio Marymount de Medellín, se encuentra ubicado en el sector del El Poblado de la ciudad de Medellín.
- b. **Contexto institucional:** Es un colegio femenino Bilingüe calendario A, donde las estudiantes tienen la oportunidad de ingresar desde el grado maternal (3 años) hasta el grado 11. Tiene acreditación internacional, lo que le permite implementar un currículo que cumple con las exigencias del MEN y a la vez con estándares educacionales del currículo de la Universidad de Cambridge, lo que le permite a las estudiantes graduarse con el título de bachiller que tiene validez a nivel internacional. Además de tener cerca de un 70% en promedio de bilingüismo en el conjunto de cursos, las estudiantes tienen la oportunidad de formarse en una tercera lengua: Francés. Cuenta con excelentes instalaciones: laboratorios equipados, salones con recursos audiovisuales disponibles para las clases, escenarios deportivos idóneos y un plantel docente y directivo con alta competencia para lograr la misión institucional.
- c. **Contexto socio-cultural:** Las estudiantes pertenecen a los niveles altos de la sociedad de Medellín. En su mayoría, residen en la ciudad de Medellín. La composición familiar es buena, los padres de familia tienen en general un nivel educativo profesional y se desempeñan en áreas de ingeniería, áreas de la salud, comercial y jurídica. Son padres de familia

comprometidos con las estudiantes y con su proceso quienes mantienen una comunicación asertiva con el colegio. Las alumnas tienen la oportunidad de tener un contexto global amplio por poder viajar al exterior con sus familias y conocer otras culturas. Algunas de ellas inclusive pasan temporadas escolares en instituciones educativas del extranjero. Gracias a las buenas bases sociales que reciben de sus familias, son estudiantes que se comprometen con su aprendizaje y que tienen un desarrollo cognitivo adecuado.

- d. Contexto curricular en el área de química:** En el plan de área del departamento de ciencias naturales, desde el año 2016 se ha extendido el estudio de aspectos básicos de química, física y biología desde el grado 6°. Según este plan, para el área de química, de 6° a 9° se trabajan conceptos básicos como expresión y conversión de unidades, notación científica, características y ejemplos de reacciones, y se da el acercamiento a la teoría cinético-molecular de la materia, diferenciando así las características de las fases sólida, líquida y gaseosa. En grado 10° se abordan los temas de energía y estructura de la materia para luego pasar al estudio de concentración de soluciones en estado acuoso, leyes generales de gases y todos los temas relacionados como mezcla de gases, presiones parciales y concentración en función de estas. Al final del curso, se estudia el tema de equilibrio químico para hacer un empalme temático con química y biología en el undécimo grado con química orgánica y bioquímica, donde son muy comunes este tipo de reacciones.

De esta manera, las estudiantes antes de abordar el tema de equilibrio químico, tienen el conocimiento básico de soluciones, expresiones de concentración de las mismas y se ha trabajado con ellas el concepto de fluidos compresibles, para pasar finalmente al estudio del equilibrio químico haciendo énfasis en sus aspectos cualitativos.

3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de Investigación: Profundización de corte monográfico

La presente propuesta es una investigación de profundización de corte monográfico. Como se evidenció en los primeros apartados del trabajo, se ha hecho una revisión del tema de enseñanza del equilibrio químico para contextualizar el trabajo y centrar los esfuerzos en justificar de por qué se desea proponer una nueva metodología de enseñanza del concepto. Dista de la investigación estricta ya que no se llevarán a cabo ensayos experimentales acerca del equilibrio químico para luego arrojar análisis estadístico inferencial.

3.2 Método

Para la elaboración de este trabajo se seguirá el método inductivo distinguiendo sus cuatro etapas. En una primera instancia se hará una revisión del material disponible y un registro de los materiales acerca de la enseñanza del equilibrio químico en libros de texto universitarios y de educación secundaria (10° y 11°). Se procederá luego a establecer y especificar las estrategias y herramientas a utilizar en la enseñanza de los aspectos cualitativos del equilibrio químico. Por último, se estructurará la propuesta y esta será entregada al docente de química general del colegio Marymount de Medellín para que lo evalúe mediante una encuesta y en el año posterior pueda elaborar un conjunto de actividades y las implemente con las estudiantes.

3.3 Enfoque: Cualitativo de corte etnográfico

Este trabajo se hará bajo un corte cualitativo de corte etnográfico. Se estructurarán las diferentes categorías en las cuales se pueden enmarcar las diferentes definiciones de equilibrio químico que se aborda en la literatura para ser la base de la propuesta metodológica. Se trata entonces de justificar desde las definiciones de los conceptos una manera de abordar el aprendizaje del equilibrio químico desde las características que lo afectan para un mejor entendimiento. En ningún momento se pretende hacer un análisis cuantitativo.

Se enmarca dentro del término etnográfico debido a que se intervendrá la práctica docente con un grupo de personas con características específicas que fueron descritas en apartado 2 del trabajo.

3.4 Instrumento de recolección de información

Para la fase en la que se determinará cuáles son los conceptos a tener en cuenta para ser incluidos dentro de la propuesta, se utilizarán fuentes secundarias: libros de biblioteca, textos en formato electrónico disponibles en la base de datos de la Universidad Nacional y en los artículos especializados consultados para el trabajo. A la hora de la intervención, se recolectará información por medio de encuestas tabuladas que valoren los aspectos relevantes del trabajo.

Con la información recolectada, se procederá a analizar los resultados obtenidos, se sacarán las conclusiones y se harán las respectivas recomendaciones.

3.5 Cronograma

Tabla 3-1 Planificación de actividades

FASE	OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Fase 1: Caracterización	Identificar los principales conceptos que soportan la fundamentación del equilibrio químico y sobre los que se hará énfasis en el diseño de la propuesta metodológica.	1.1. Revisión bibliográfica de los documentos del MEN enfocados a los estándares de enseñanza del equilibrio químico. 1.2. Revisión bibliográfica de los conceptos relacionados con el equilibrio químico 1.3. Recopilación y redacción de los aspectos a tener en cuenta en el trabajo, relacionados con el equilibrio químico.
Fase 2: Diseño e Implementación.	Establecer las estrategias y herramientas que se utilizarán en el diseño de la propuesta para la enseñanza de los aspectos cualitativos del equilibrio químico.	2.1 Definición de la metodología a implementar en la propuesta. 2.2 Estructuración de la secuencia en la que se discutirán los temas y recolección del material audiovisual necesario.
Fase 3: Diseño, análisis y evaluación.	Diseñar una unidad para la enseñanza del equilibrio químico dirigida a hacer énfasis en los aspectos cualitativos o conceptuales del equilibrio.	3.1. Redacción y estructuración de la propuesta metodológica. 3.2. Entrega al docente de química general para su análisis y estructuración de actividades. 3.3. Evaluación de la información devuelta por el docente de química general. 3.4. Redacción de conclusiones. 3.5. Redacción de recomendaciones y entrega de trabajo final.

Tabla 3-2 Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Actividad 1.1	X	X														
Actividad 1.2		X	X	X	X	X										
Actividad 1.3		X	X	X	X	X										
Actividad 2.1						X	X	X	X	X	X					
Actividad 2.2						X	X	X	X	X	X					
Actividad 3.1										X	X	X				
Actividad 3.2													X			
Actividad 3.3														X	X	X
Actividad 3.4														X	X	X
Actividad 3.5														X	X	X

4. Trabajo Final

4.1 Desarrollo y sistematización de la propuesta

4.1.1 Términos a utilizar en la propuesta metodológica.

El desarrollo de la presente propuesta comienza con construir un vocabulario básico alrededor del tema de equilibrio, descubriendo en los estudiantes los conceptos y términos propios del tema y la percepción que ellos tienen de su significado. El objetivo de esto es iniciar de manera conjunta, estudiantes y docente, la construcción de definiciones más elaboradas, al ir incorporado en sus ideas previas aspectos más propios de las ciencias naturales.

En la tabla 4-1 se reúnen los términos que proponemos para comenzar el trabajo con los estudiantes, acompañadas de definiciones muy básicas, comunes, propias de un diccionario, y que servirán de punto de partida para las actividades de la clase. Atendiendo el hecho de que hoy en día la búsqueda de información en internet es la vía más utilizada por la humanidad, es que en la tabla 4-1 mostramos la fuente donde se obtuvieron las definiciones. Los links escogidos son del sitio web de *La Real Academia de la Lengua Española* y del sitio web *Diccionarios.com*, que recopila los contenidos de Larousse.

Tabla 4-1 Definición de términos encontrados en sitios web

Término	Definición	Fuente
Equilibrio	Estado de un cuerpo cuando fuerzas encontradas que obran en él se compensan destruyéndose mutuamente.	<i>Diccionario web de la Real Academia Española</i> http://dle.rae.es/?id=Fzm8ZpA
Estable (relativo a estabilidad)	Que se mantiene sin peligro de cambiar, caer o desaparecer.	<i>Diccionario web de la Real Academia Española</i> http://dle.rae.es/?id=GikXRGw
Inestabilidad	Contrario a lo estable	N.A (Contrario de estabilidad)
Indiferente	Que no importa que sea o se haga de una o de otra forma.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/ivhQ0r
Limitado	sinónimo: condicionado, restringido	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/pxliaa
Estático	Que no se mueve, cambia o evoluciona	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/RRDpW5
Dinámico	Que tiene relación con el movimiento o con la dinámica.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/zZf3ug
Velocidad	Ligereza o prontitud con que se realiza una acción.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/cwl1m8
Reacción	Acción provocada por otra de sentido o efectos contrarios a ésta.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/iKKAqi
Sistema	Conjunto organizado de cualquier clase de cosas que se usan para un fin determinado.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/ed7t6y
Aislado	Que está solo, separado.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/QqRIQI
Abierto	Que permite el paso.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/LqT5zR
Cerrado	Que no tiene comunicación con el exterior.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/q99bqO

Presión	Acción y resultado de apretar, empujar o comprimir.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/QlhsCX
Temperatura	Magnitud física que mide de forma objetiva la sensación subjetiva de frío o calor de un cuerpo.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/w6gXqM
Volumen	Espacio físico que ocupa un cuerpo.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/ErpeoO
Masa	Cantidad de materia que contiene un cuerpo y que es medible por la fuerza necesaria para cambiar su estado de movimiento.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/DR18rQ
Estado	Situación en la que se encuentra una persona o cosa.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/JclUwU
Concentración	Densidad de una solución.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/9gQr0x
Reversible	Que puede volver a un estado o condición anterior.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/44WlcW
Irreversible	Que no puede volver a su estado anterior, que funciona en un solo sentido.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/y3HkyV
Equilibrio en biología	Tendencia natural de los ecosistemas de las relaciones entre especies que allí se producen.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/2PKuWM
Equilibrio en física	Situación de estabilidad de un cuerpo sometido a fuerzas opuestas.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/2PKuWM
Equilibrio en matemáticas (Igualdad)	Expresión de la equivalencia de dos cantidades.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/tzK2Uc
Equilibrio en economía (Contaduría)	El punto de equilibrio es aquel donde los gastos son iguales a los ingresos.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> Spenser, 1993.

Equilibrio en anatomía (Homeostasis)	Principio general de regulación de los organismos vivos por el que tienden a estabilizar sus diversas constantes fisiológicas.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/s37f20
Homogéneo	Que está compuesto por elementos de la misma naturaleza o semejantes.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/E0D9ZL
Heterogéneo	Que está compuesto de partes o elementos de diferente naturaleza.	<i>Diccionario web Diccionarios.com</i> http://goo.gl/MCHLCN

4.1.2 Estructuración de la secuencia a seguir en la propuesta metodológica.

En esta sección se presenta la secuencia de etapas a seguir en el proceso de enseñanza y aprendizaje del equilibrio químico, partiendo de la exploración de los saberes previos de los estudiantes, siguiendo con la introducción o incorporación de nuevos, hasta llegar a definiciones más elaboradas propias del saber en el área de ciencias naturales, ver Figura 4-1.

Algunas de las herramientas que es necesario, y que se pueden incorporar en proceso pedagógico en el aula de clase son: información de otras fuentes (internet, diccionarios, enciclopedias), material gráfico y audiovisual, analogías, sesiones grupales de trabajo, etc. Todas estas herramientas con la adecuada orientación y supervisión del docente ayudarán a identificar las particularidades asociadas al equilibrio químico y los elementos diferenciadores del concepto de equilibrio en otras áreas del conocimiento; por ejemplo dinámico en química vs estático en física.

Una vez se tenga una adecuada comprensión de los términos o conceptos del equilibrio a partir de definiciones más elaboradas, se debe proseguir con la etapa de estructuración del concepto de equilibrio químico, esto implica que se debe comprender como cada uno de estos términos participa en la determinación del estado de equilibrio: estable, dinámico, reversible, etc.

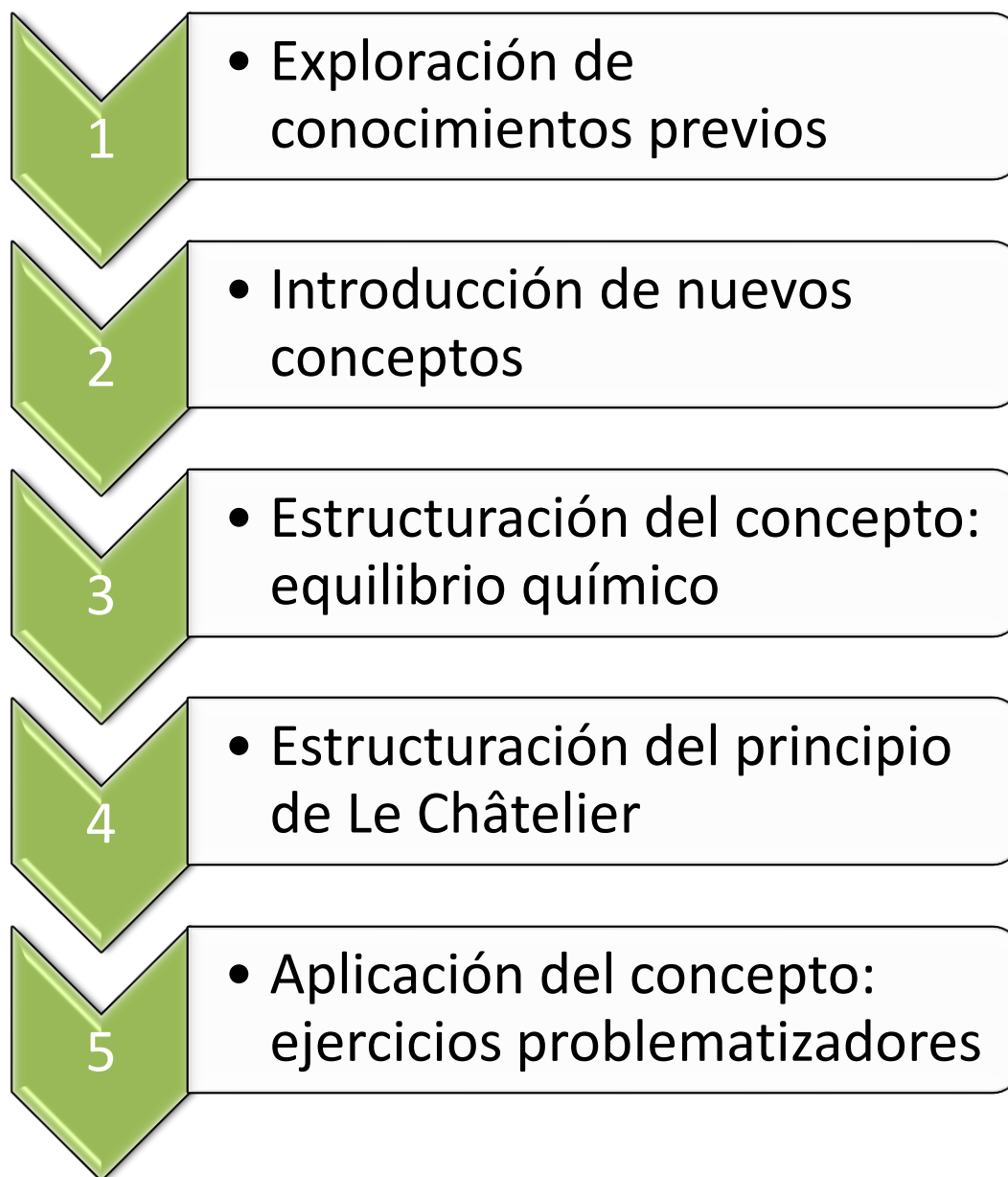
En las etapas 3 y 4 estamos abordando el tratamiento cuantitativo de la ley de equilibrio, inicialmente a partir del llamado principio de *Le Chatelier*, y posteriormente con situaciones problema más elaboradas.

El tiempo estipulado para la enseñanza del concepto en esta propuesta es de 5 sesiones de 100 minutos cada una (en bloques de dos horas académicas de 50 minutos).

En el plan de área y las planeaciones actuales, se dedican 3 sesiones de 100 minutos cada una. Se aborda el tema mediante clase magistral, explicando el fenómeno desde el punto de vista de velocidades de reacción (con el fin de establecer que en el equilibrio no hay cambio neto en la velocidad directa e inversa de reacción), ayudándose de textos relacionados para pasar finalmente a la solución de problemas que involucren el uso de la ecuación de la constante de equilibrio.

La diferencia en los tiempos obedece a que en la propuesta actual, pretendemos discutir de manera más detenida las características del equilibrio químico.

Figura 4-1. Diagrama de flujo de explicaciones.



1. Actividades de exploración de conocimientos previos

En esta primera etapa exploratoria se debe hacer una indagación de los conceptos que los estudiantes ya tienen incorporado en su saber. En primera instancia, se plantea iniciar el tema con la narración de una situación escogida por el docente donde se esbocen los diferentes tipos de equilibrio según los contextos: económico, físico, matemático y ecológico (biológico). Estas

situaciones pueden ser abordadas como se muestra en la Tabla 4-2. A partir de estas, se puede indagar acerca de los términos relacionados y permitir que sean los mismos estudiantes quienes empiecen a cimentar las bases sobre las cuales construirán los nuevos conocimientos.

A la hora de plantear los ejemplos, se recomienda hacerlo de manera estática. Por ejemplo, en el contexto económico, es recomendable que se establezca un balance de cuentas donde los gastos y los ingresos sean iguales al cierre de un periodo de tiempo determinado, y no como un constante flujo de dinero cuyo balance global en todo momento sea invariable. Lo mismo aplica para el contexto biológico (ecológico) con las tasas de natalidad y muerte en un ecosistema. Estos ejemplos de variación de flujos en el tiempo, pueden ser abordados después de incluido el tiempo en el ejemplo de equilibrio dinámico y no estático. De esta manera, estos ejemplos de equilibrios estáticos contrastarán con el equilibrio dinámico que se planteará después. Para esta actividad, se recomienda plantear una discusión y puesta en común de los resultados.

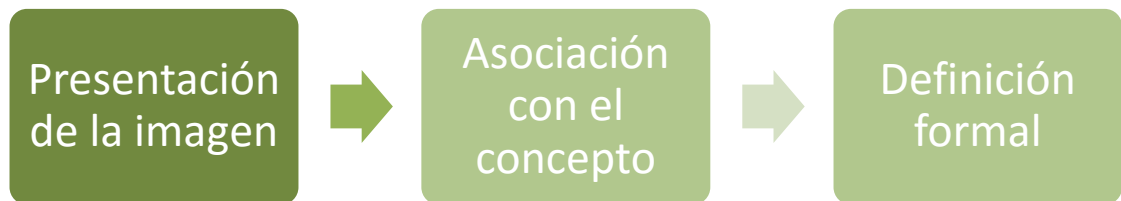
Tabla 4-2. Propuesta de situaciones de equilibrio según contexto abordado

Contexto	Situaciones propuestas
Económico	Balance de gastos e ingresos al final de un periodo.
Físico	Cuerpo en equilibrio sobre el que actúan un conjunto de fuerzas.
Matemático	Igualdad matemática, acompañada de un ejemplo de pesos en una balanza.
Ecológico	Cantidad de individuos de un ecosistema después de una serie de nacimientos y muertes en un momento determinado.

2. Introducción a los nuevos conceptos a estudiar en la unidad.

Cuando se ha puesto en común lo que cada uno de los estudiantes entiende por equilibrio, se puede hacer la construcción de los nuevos conceptos partiendo de las definiciones que ellos mismos dieron. Se pretende que lleguen a los conceptos presentados en la tabla 4-1. Para ello, se propone primero hacer una discusión a partir de imágenes donde se muestren situaciones cotidianas según el concepto que se quiere construir. El proceso a seguir se muestra en la Figura 4-2.

Figura 4-2. Proceso a seguir para la definición formal de términos.



En la Tabla 4-3 se proponen situaciones u objetos que pueden ilustrar cada uno de los conceptos. Se deja a elección del docente la imagen a utilizar. Para mostrar una mayor proximidad del concepto por parte de los estudiantes, es aconsejable que de ser posible, se usen imágenes que sean propias de su contexto académico y social.

Tabla 4-3. Propuestas de ejemplos para discusión de los términos.

Concepto	Imagen propuesta para la discusión
Equilibrio estable	Canica en una cuenca.
Equilibrio inestable	Una pelota en la cima de un montículo.
Equilibrio indiferente	Un objeto esférico en una superficie totalmente plana.
Equilibrio estático	Una balanza con pesos fijos.
Equilibrio dinámico	Malabaristas lanzándose pelotas de manera continua, número de personas entrando y saliendo de manera continua de un edificio.
Sistema	Diferentes tipos de sistemas de estudio con los objetos que la forman: ecosistemas, sistemas químicos, físicos, termodinámicos, una población, etc.
Sistema abierto	Un tanque con agua que entra y sale a la misma temperatura.
Sistema cerrado	Un objeto cerrado con un líquido adentro que se va enfriando con el tiempo.
Sistema aislado	Un recipiente con objetos adentro que no intercambien ni energía ni materia con los alrededores, por ejemplo un termo.
Reversible	Un objeto que se parta en dos y se pueda volver a pegar, objetos que se pinten y se puedan volver a despintar, objetos a los que se les pueda cambiar la forma y volverles a dar la misma forma inicial después.
Irreversible	Una gota de tinta en un vaso de agua, un cigarrillo consumiéndose.
Homogéneo	Un sistema que muestre uniformidad en sus componentes; mezcla agua y etanol.
Heterogéneo	Un sistema que muestre diversidad de componentes claramente diferenciables: salmuera saturada.

Como se observa en la anterior Tabla 4-3, no todos los conceptos son abordados y definidos según la Tabla 4-1 (tabla de definición de conceptos del apartado anterior). La secuencia a seguir en la discusión y definición de los conceptos se propone según la Figura 4-3.

Figura 4-3. Secuencia propuesta para la explicación de los temas.



3. Estructuración del concepto de equilibrio químico

Una vez los estudiantes tienen claro el concepto de equilibrio y los diferentes tipos de equilibrio que se pueden encontrar en un sistema, se propone pasar a darle un significado dentro de la disciplina. Hasta este punto, se espera que el estudiante entienda qué implica un equilibrio y los diferentes tipos de equilibrio que se pueden encontrar, pero de manera generalizada; debe comprender por ejemplo, los diferentes casos esbozados de equilibrio dinámico, que traen implícito el concepto de flujo (intercambio de información en un sistema y en una cantidad de tiempo determinada). A partir de este punto en el proceso de aprendizaje, los objetivos principales son dos: Primero, que el estudiante transforme el concepto de equilibrio y al unirlo o asociarlo al término “químico” le dé una nueva connotación en su estructura cognitiva, y segundo, que empiece a caracterizarlo cualitativamente a partir de las diferentes formas en las que se puede perturbar.

En este apartado, deben retomarse los conceptos de reacción química y de reversibilidad. Es importante hacer énfasis en este momento sobre las consideraciones energéticas de las reacciones químicas y por tanto del equilibrio. Una transformación química de la materia se lleva a cabo de manera espontánea para favorecer la estabilidad energética del sistema, esto implica que la reacción química debe llevar al sistema como un todo hacia un mínimo local de energía, bajo ciertas restricciones impuestas como son que la temperatura y la presión sean constantes. Las últimas ideas obedecen al hecho de que la palabra reversibilidad se entiende desde una perspectiva cinética y no energética, para la última no sería aplicable.

En la Figura 4-4 se presenta el proceso a seguir propuesto para esta etapa del proceso de enseñanza.

Figura 4-4. Secuencia propuesta para la explicación de los temas.



a. Énfasis en el concepto de reacción.

Esta etapa es opcional, dependiendo del nivel académico de los estudiantes y de la fundamentación que han tenido acerca de las reacciones químicas y por qué se dan. En caso tal de no haberse dado una fundamentación previa desde el punto de vista energético de las reacciones, se recomienda dar un breve repaso.

b. Consolidación del concepto de equilibrio químico.

Se espera que al llegar a este punto el estudiante ya tenga una clara fundamentación del concepto de reacción química y del concepto de equilibrio en diversas áreas del conocimiento. Por tanto se debe proceder a trabajar en el aula de clase el de “equilibrio químico”. La consolidación del concepto de equilibrio químico debe estar orientada por una fuerte participación de la clase con diferentes actividades pedagógicas, por ejemplo, retomar analogías previas y analizarlas para valorar sus fortalezas y debilidades al momento de ilustrar el equilibrio químico.

c. Analogías para la explicación del equilibrio químico.

Este es el punto neurálgico dentro del proceso de enseñanza del equilibrio químico. Se puede abordar gracias al buen trabajo realizado en la fundamentación previa que se ha hecho hasta el momento, y de él depende que se contribuya al entendimiento del equilibrio químico como un equilibrio dinámico y como un sistema en el cual los reactivos y los productos no están en diferentes compartimentos, sino que hay presencia constante de unos y otros y que se transforman de manera continua y dinámica.

Raviolo y Garritz (2007), muestran una amplia gama de analogías para la enseñanza clasificadas en categorías y sus respectivas ventajas y desventajas. Al final, concluyen que una sola analogía no es suficiente para explicar completamente el concepto, pues o por un lado no se abarcan simultáneamente aspectos como la naturaleza dinámica del equilibrio, las velocidades directa e inversa del equilibrio, la facilidad de deducción de la constante y cómo se desplaza el equilibrio si se perturba, o por el otro se encuentran dificultades que riñen con la rigurosidad del concepto químico.

Para este trabajo se han escogido analogías y juegos necesarios para la enseñanza del equilibrio químico, donde aparte de haber una comprensión por la familiaridad de la analogía con lo que pasa a nivel macroscópico, haya también ilustración de lo que pasa a nivel microscópico, donde se forman y rompen enlaces de manera continua y simultánea. En la Tabla 4-4 se muestran las categorías utilizadas por Raviolo y Garritz (2007) para las diferentes metodologías analizadas y en la Tabla 4-5 los aspectos y dificultades que presentan las analogías en el artículo.

Tabla 4-4. Categorías de las analogías usadas por Raviolo y Garritz (2007).

Categorías
Análogos familiares
Juegos
Experimentos
Flujo
Máquinas

Tabla 4-5. Aspectos analizados y dificultades que presentan las analogías por Raviolo y Garritz (2007).

Aspectos analizados a tener en las analogías	Dificultades analizadas en las analogías
Aspecto dinámico del equilibrio	Visión compartimentada
Velocidades de reacción directa e inversa iguales	Igualdad en la concentración de productos y reactivos
Reversibilidad de la reacción	Confusiones en el aspecto cinético
Deducción de la constante de equilibrio	Confusión a nivel macroscópico
Alteraciones del equilibrio	Sistema no cerrado
Uso de catalizadores	Confusión masa-concentración
-----	Error al humanizar el concepto

Para este trabajo, como se muestra en la Figura 4-5, se hará una categorización de las analogías a utilizar con el fin de abarcar por un lado los aspectos analizados a tener en cuenta para entender las cualidades del equilibrio, y por el otro, tratar de evitar con suficiente ilustración las dificultades de las analogías. La explicación de cada analogía puede ser consultada en el anexo A.

Figura 4-5. Categorización de analogías a utilizar para explicar las características del equilibrio químico.



4. Estructuración del principio de Le Châtelier

Entendido el equilibrio químico, se procederá a definir las características de un sistema de interés en este estado. En esta sección del curso, el objetivo principal es dejar clara la definición y cómo es afectado el equilibrio químico cuando el sistema sufre cambios de presión, temperatura, volumen, masa y la adición de un catalizador. Aclarar bien, con respecto al equilibrio químico que la propiedad que define el estado de equilibrio es la constante de equilibrio, la cual depende únicamente de la temperatura, es decir, que a una temperatura determinada el estado de equilibrio de cualquier sistema de reacción está definido sin ambigüedad por la constante de equilibrio. Sin embargo la “posición de equilibrio” queda definida por la composición relativa del medio de reacción, es decir por las concentraciones de productos y reactivos. Puede haber una infinita combinación de concentraciones entre productos y reactivos, determinada obviamente por la estequiometría de la reacción, que satisfacen el estado de equilibrio químico. Sin que cambie el estado de equilibrio, las perturbaciones de que trata el principio de Le Châtelier llevan a cambios en la posición de equilibrio. En la Figura 4-6, se muestran las competencias que deben tener los estudiantes para poder entender el principio de Le Chatêlier estableciendo unas reglas claras y no como memorización de generalizaciones que se hacen en los libros de texto bajo condiciones específicas que son generalizadas luego por el estudiante.

Figura 4-6. Saberes previos necesarios para abordar el tema de principio de Le Châtelier.

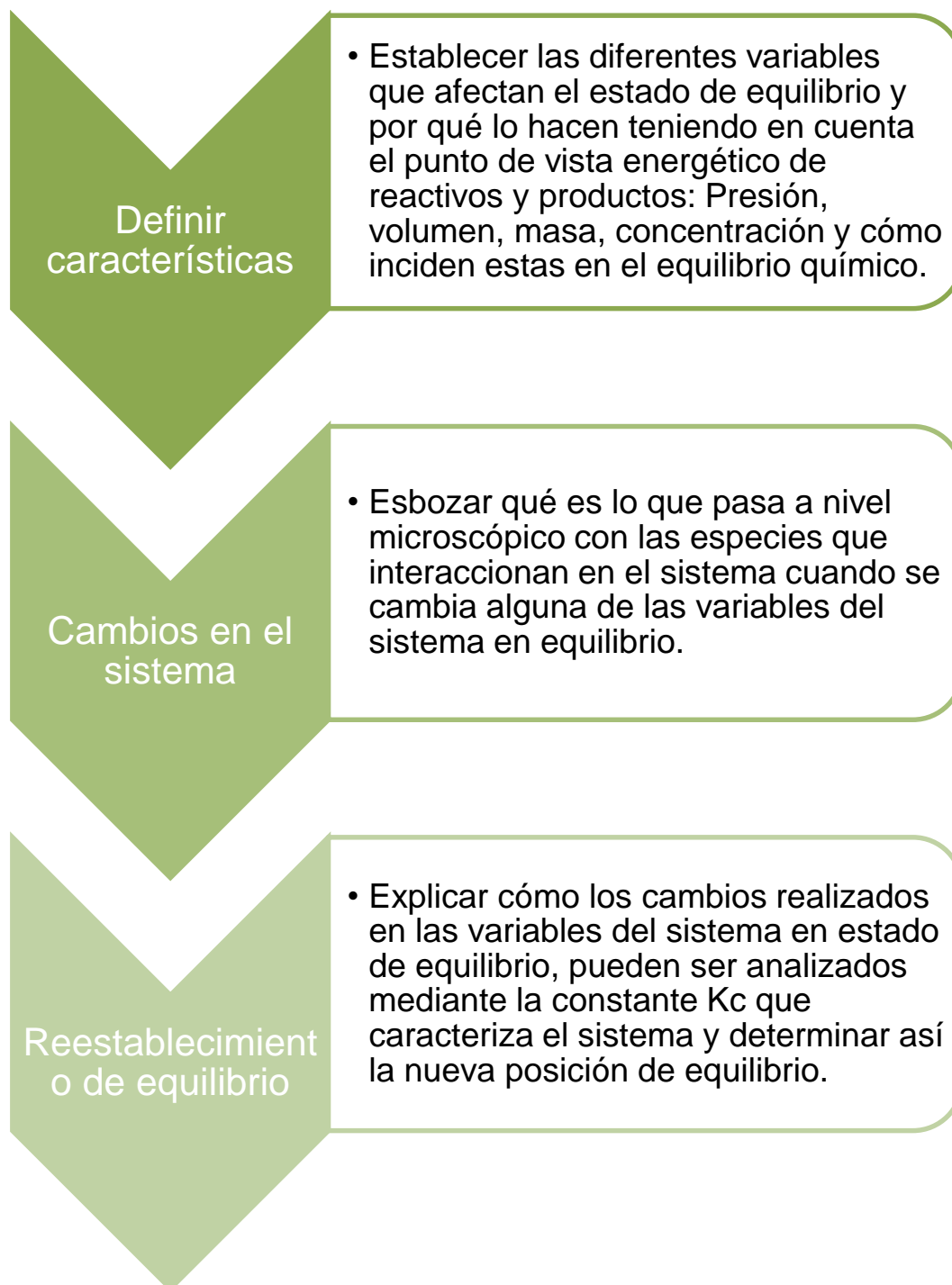


De la teoría cinético molecular, es necesario que tengan claro por qué las moléculas interactúan de la manera en que lo hacen en una solución acuosa o gaseosa, lo que implica que tengan unas nociones básicas claras acerca de fuerzas intermoleculares. Al tener claro esto, se ha abordado el tema de las características de los estados de la materia.

En cuanto a las soluciones, es un punto crucial al cual se le debe prestar atención, ya que por mecanización de procedimientos matemáticos por los que se caracteriza el tema, los estudiantes tienden a confundir concentración de un soluto en una solución con la cantidad de masa. Es por eso que aunque no sea temario para ahondar en este tema, se le dedique un tiempo para esclarecer este concepto en la explicación, y proponer ejercicios de práctica en el siguiente apartado, donde se interiorice el concepto.

En la Figura 4-7 se muestra la secuencia propuesta para la enseñanza del principio de Le Châtelier.

Figura 4-7. Secuencia propuesta para la enseñanza del principio de Le Châtelier.



Las condiciones que afectan el equilibrio pueden ser definidas con actividades de búsqueda bibliográfica, pero enfocadas siempre a lo que pasa con las fuerzas intermoleculares en los reactivos y los productos.

Luego, se explica dentro de un sistema cualquiera en equilibrio qué sucede al alterar una de las características manteniendo las otras constantes, nuevamente teniendo en cuenta la teoría cinético-molecular como eje fundamental de lo que pasa a nivel microscópico. Para esto es recomendable utilizar las diferentes animaciones e imágenes disponibles en la web y en videos al respecto, que ilustran lo que pasa con las moléculas.

En el punto en el que se debe explicar el restablecimiento del equilibrio, se propone plantear la ecuación de equilibrio mostrada en la Figura 2-1 del capítulo de fundamentación. Además, hay tener en cuenta varios aspectos y recomendaciones arrojados en estudios durante los últimos 20 años, los cuales se discutirán a continuación.

4.1 Consideraciones a tener en cuenta para abordar el principio de Le Châtelier.

En la literatura disponible desde hace unos 20 años, se ha llegado a conclusiones a modo de recomendaciones que deben ser tenidas en cuenta cuando se está abordando el tema. Dentro de estas recomendaciones, se encuentra la de Quílez & San José, J., (1996), quienes alertan sobre la importancia de enseñar, como condición fundamental, el control de variables en el sistema cuando una de ellas es la que altera el equilibrio, pues es un error muy común en los estudiantes no tener en cuenta esta condición a la hora de plantear el principio de Le Châtelier. En ese mismo sentido, recomiendan seleccionar de manera cuidadosa los ejemplos a trabajar, donde quede claro cuál de las variables del sistema es la que cambia y cuáles se mantienen constantes. Es de hacer notar en esa misma línea, la recomendación de Quílez et al. (1993), que a pesar de usarse ejemplos para esquematizar el principio, no debe caerse en el formulismo donde

simplemente se repiten ecuaciones de memoria y se dedican esfuerzos a resolver los problemas de manera algorítmica, reemplazando variables en fórmulas por números sin una previa interpretación y contextualización de los mismos. En ningún momento los ejemplos deben usarse como modelos para resolver ejemplos “tipo” (que son típicos en los textos de química general). Debe hacerse énfasis en el planteamiento analítico de la reacción.

Raviolo & Andrade (1998) proponen combinar diferentes enfoques del principio con actividades variadas, donde se aborde lo simbólico (ecuaciones y fórmulas), lo macroscópico (experimentos y observación de los mismos) y el microscópico (cinética molecular) para complementar la enseñanza del concepto.

Quílez (1995) y Raviolo & Andrade (1998) dan una recomendación de enfoque termodinámico para enfocar la enseñanza del equilibrio químico que es acorde con esta propuesta metodológica enfocada al tratamiento cuantitativo y que sirve para predecir desplazamientos del sistema con el principio de Le Châtelier. Estos autores, proponen el uso de la ecuación de Van't Hoff junto con la ecuación de energía libre de Gibbs para derivar a Q (Cociente de reacción) y K_c , y al compararlas poder determinar con el cambio en una de las variables del sistema hacia dónde se desplazaría el equilibrio

Tabla 4-6. Recomendaciones para la enseñanza del equilibrio químico.

Estrategia	Autor
Hacer énfasis en el control de las otras variables del sistema en equilibrio cuando se varía una de ellas.	Quílez & San José. J, (1996).
Estudiar el por qué y para qué de los ejemplos escogidos para estudiar el fenómeno.	Quílez & San José. J, (1996).

Combinar enfoques simbólico, macroscópico y microscópico.	Raviolo & Andrade (1998).
No enfocar la enseñanza a resolución de problemas de manera algorítmica y reemplazo de variables por datos.	Quílez et al. (1996).
Utilizar ecuaciones y variables termodinámicas (Q y K_c) para entender el desplazamiento del equilibrio.	Quílez (1995), Raviolo & Andrade (1998).
Identificar las variables que influyen en sistemas en equilibrio.	Adaptado de Raviolo & Andrade (1998).
Plantear la ecuación de la constante de equilibrio en distintos sistemas, incluyendo sistemas heterogéneos y reconocer que la adición y remoción parcial de reactivos sólidos o líquidos puros no cambia el equilibrio.	Adaptado de Raviolo & Andrade (1998).
Diferenciar las situaciones de: estado de equilibrio inicial, estado de equilibrio perturbado y estado de equilibrio final.	Adaptado de Raviolo & Andrade (1998).
Transferir este enfoque a equilibrios de solubilidad y ácido-base.	Adaptado de Raviolo & Andrade (1998).

En la Tabla 4-6 se resumen las estrategias a utilizar que se proponen para la explicación del concepto. Además, se resumen otras recomendaciones hechas por Raviolo & Andrade (1998).

4.2 Estado Vs. Posición del equilibrio y las variables del sistema

En la Figura 4-8 se muestran las variables del sistema a tener en cuenta a la hora de analizar la alteración del equilibrio químico. Se propone que sea un apoyo para analizar cualitativamente. Haciendo uso de las recomendaciones planteadas anteriormente, se propone abordar el tema desde lo macroscópico y microscópico, donde se pueda sacar como conclusión la Tabla 4-7 donde se relacionen de manera simple la constante de equilibrio y el cociente de reacción.

Figura 4-8. Variables que alteran el equilibrio químico.

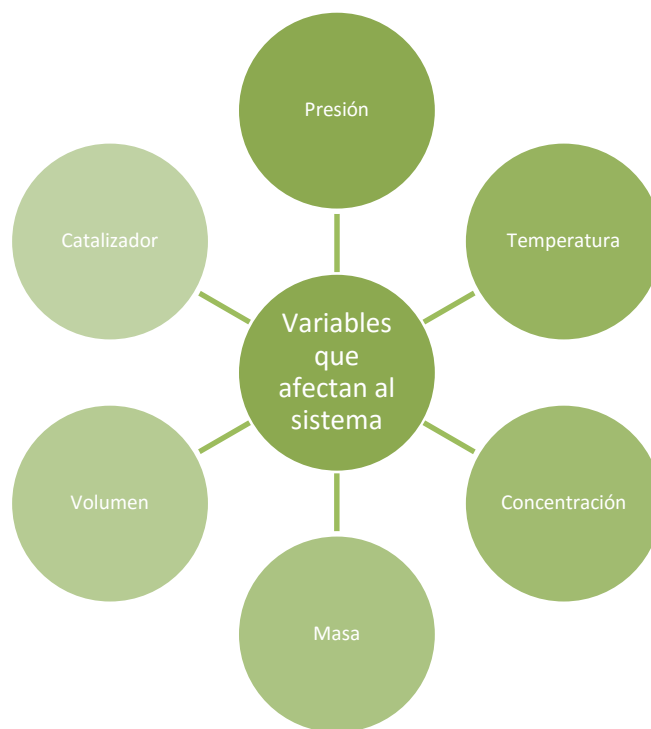
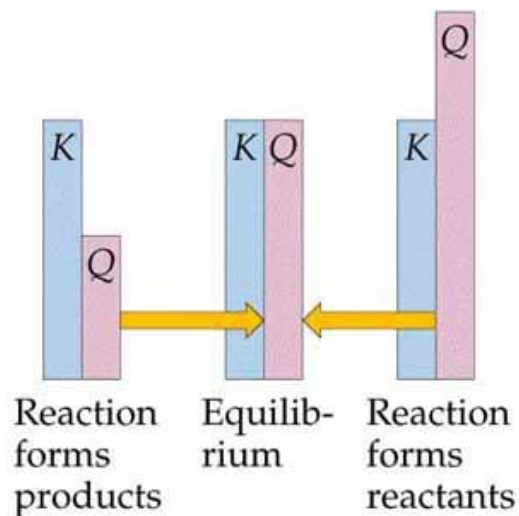


Tabla 4-7. Relación entre K_c y Q .

Relación entre K_c y Q	Desplazamiento del equilibrio
$Q = K_c$	Sistema en estado de equilibrio.
$Q \neq K_c$	Sistema perturbado con tendencia al equilibrio.
$Q < K_c$	Equilibrio se desplaza de reactivos a productos .
$Q > K_c$	Equilibrio se desplaza de productos a reactivos .

Se recomienda complementar la tabla con una imagen como la mostrada en la Figura 4-9, donde se resume de manera gráfica la información.

Figura 4-9. Relación gráfica entre K_c y Q



Fuente: Imagen tomada de <http://goo.gl/UXdhyt>.

Es importante que al final de este apartado, como conclusión quede la Tabla 4-8, que puede ser usada para entender qué pasa con la constante de equilibrio, si cambia o no, en el cambio del estado o el cambio de la posición de equilibrio.

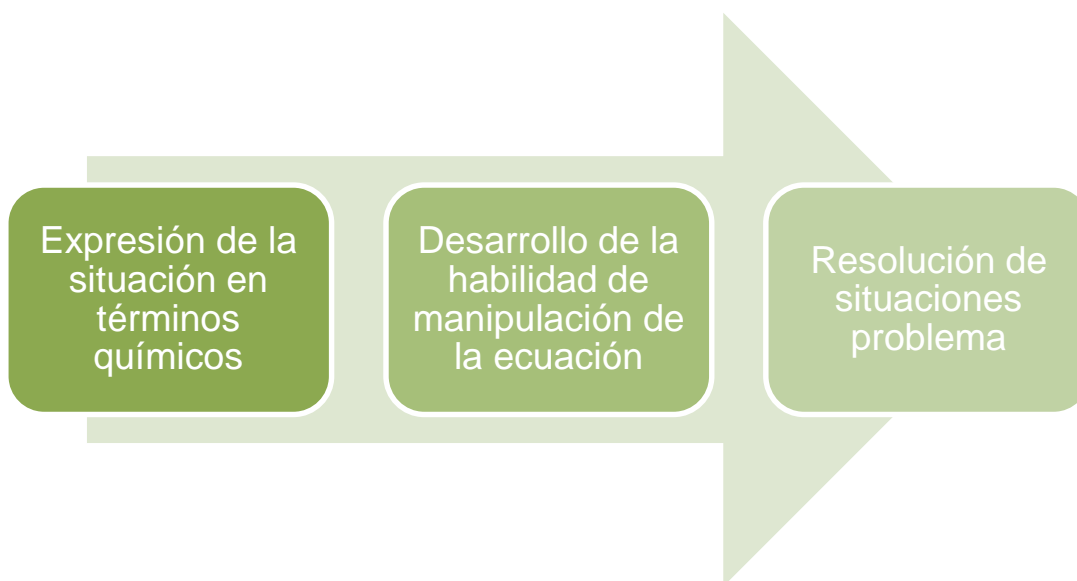
Tabla 4-8. Cambios en el estado y posiciones de equilibrio según la variable modificada

Variable modificada	Estado de equilibrio	Posición de equilibrio
Temperatura	K_c cambia	Cambia la posición de equilibrio acorde con la nueva K_c .
Presión	K_c No cambia	Varía la posición de equilibrio.
Volumen	K_c No cambia	Varía la posición de equilibrio.
Concentración	K_c No cambia	Varía la posición de equilibrio.
Masa	K_c No cambia	Varía la posición de equilibrio.
Catalizador	K_c No cambia	Varía la posición de equilibrio.

5. Aplicación del concepto

El objetivo principal de este apartado es que los estudiantes pongan en práctica los conocimientos adquiridos en situaciones que puedan ser traducidas e interpretadas en lenguaje del equilibrio químico, y que se puedan plantear claramente y de manera sencilla en el laboratorio. No deben ser problemas contextualizados que se limiten a encontrar con la ecuación de equilibrio de los textos el valor de una concentración en equilibrio de un reactivo o producto después de perturbar el equilibrio, si no que con estas respuestas tomen decisiones sobre acciones a tomar. Ejemplos de estos ejercicios son mostrados en el anexo B. El proceso a seguir en esta sección se ilustra en la figura 4-10.

Figura 4-10. Proceso a seguir en el análisis de situaciones problema de equilibrio químico



Primero se propone plantear situaciones específicas y contextualizadas donde los estudiantes planteen en términos químicos la reacción en equilibrio. Cuando hayan adquirido esta habilidad, se pasa a darle un tratamiento numérico donde entiendan cómo manipular la expresión según las condiciones dadas al sistema, donde los ejercicios propuestos en los libros de texto sí son útiles para esta propuesta en el sentido que sirven para adquirir habilidad en la manipulación matemática de las expresiones, de manera tal que usen de manera adecuada la herramienta y se acostumbren a manipularla, entendiendo la parte matemática. Por último, cuando se ha adquirido la habilidad, la propuesta es pasar a la solución de situaciones problema, donde la predicción de desplazamiento del equilibrio sea sólo una herramienta que permita usar el resultado para tomar decisiones de manera crítica.

4.1.3 Propuesta de unidad didáctica.

Unidad didáctica

Equilibrio químico desde una perspectiva cualitativa

Descripción

- Grado a trabajar: Grados 10°,11°
- Tema: Equilibrio químico enfocado desde un punto de vista cualitativo.
- Número de sesiones: 5, de 2 horas académicas (100 min).

Indicadores de logro:

- Diferenciar el equilibrio químico del resto de equilibrios en las ciencias naturales.
- Caracterizar el equilibrio químico como un balance dinámico.
- Diferenciar las variables que afectan el sistema de equilibrio.
- Entender el principio de Le Châtelier como un fenómeno aplicable bajo determinadas condiciones mediante de la constante de equilibrio del sistema.
- Utilizar el principio de Le Châtelier como herramienta para la resolución de situaciones problema.

Objetivos didácticos

Con esta unidad didáctica se pretende:

1. Enseñar al estudiante a diferenciar el concepto de equilibrio químico del concepto de equilibrio en otras disciplinas y caracterizar correctamente las propiedades del mismo.
2. Establecer bases cualitativas, mediante el estudio de las variables de un sistema, de las cuales los estudiantes puedan partir para entender los sistemas en equilibrio y estudiar su evolución desde que son perturbados hasta que se reestablecen nuevamente.
3. Establecer la constante de equilibrio y el cociente de reacción como herramientas de análisis para predecir el desplazamiento del equilibrio en un sistema químico.
4. Estudiar las condiciones específicas en las cuales es aplicable el principio de Le Châtelier.

Justificación

Generalmente, los sistemas de equilibrio químico, sintetizados en los libros de texto de química simplemente como “equilibrio químico”, son abordados desde puntos de vista cinéticos y tienden a ser reducidos por los estudiantes a formulismos matemáticos que los conducen a acostumbrarse a tipificar los problemas algorítmicamente para reemplazar variables por números, sin dar una correcta interpretación a los resultados.

3. Estructuración del concepto de equilibrio químico.
4. El principio de Le Châtelier.
5. Aplicación del concepto de principio de Le Châtelier

Secuencia de actividades

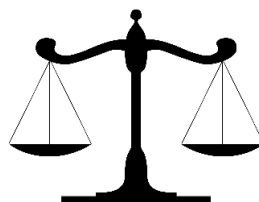
1. Exploración de conceptos previos para la construcción de conceptos.

- **Tiempo estimado:** 2 horas
- **Descripción:**

Se dispondrá el salón de clase de manera semicircular alrededor de la pantalla de proyección o un muro dónde colocar las imágenes impresas para ver y discutir.

Se iniciará la sesión con el nombramiento del tema (equilibrio químico) y se presentará la figura 4-12 que es la más emblemática para el equilibrio. Se le pedirá a los estudiantes que la observen y que se les preguntará el por qué después de poner pesos en ambos lados, esta se desequilibra.

Figura 4-11. Balanza en equilibrio.

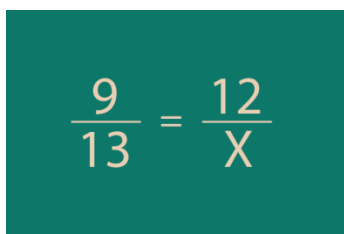


Fuente: <https://goo.gl/88qni9>

Se les propondrá diferentes pesos en ambos lados de la balanza y se les preguntará hacia qué lado se puede desequilibrar y qué pasa cuando esté totalmente balanceada. En este último caso, se presentarán dos pesos iguales

para hacer introducción a la Figura 4-13 donde se presenta una igualdad matemática y se hará énfasis en la palabra “igualdad” en ambos casos, como un sinónimo de la palabra equilibrio.

Figura 4-12. Igualdad matemática


$$\frac{9}{13} = \frac{12}{X}$$

Fuente: <https://goo.gl/q78Kz2>

Antes de pasar a la siguiente imagen, se les preguntará a los estudiantes que en qué rama de las ciencias naturales es común encontrar la balanza como instrumento de medida hasta que al final lleguen a la respuesta común de que es la física.

Luego, se mostrará la Figura 4-14 para representar un equilibrio económico. Se planteará que dentro de cada una de las maletas está el dinero en monedas o billetes correspondiente a los gastos y a los ingresos de alguna organización (que puede ser un hogar de familia, una empresa, de ellos mismos, etc), y se les pedirá que analicen qué es necesario para que la persona caiga para un lado o para el otro, y por el contrario, qué es necesario para que la persona de la imagen se mantenga el equilibrio en la cuerda floja. Aquí se mantiene el sentido estático de la situación donde la cantidad de dinero en cada maleta no cambia en el tiempo.

Figura 4-13. Analogía equilibrio económico

Fuente: <http://goo.gl/EnsQ0Z>

Esta situación presentada se puede ligar con la ecuación matemática donde el equilibrio económico de la entidad planteada está dada cuando el ingreso es igual al gasto, situación en la que se mantendría el equilibrio económico. Todos estos términos utilizados deben recalcar el hecho de que en ciencias económicas también se usa el término equilibrio.

Se presentará por último la Figura 4-15 que hace referencia a una red trófica en un ecosistema cualquiera, donde el número de animales siempre es el mismo, por lo que la población nunca variará de tamaño.

Figura 4-14. Red trófica, equilibrio ecológico

Fuente: <https://goo.gl/dblwmY>

Aquí, se hará énfasis en que en cualquier momento la población es la misma, porque al mismo tiempo que un consumidor de cualquier nivel trófico muere, nace otro individuo de la misma especie. Este equilibrio será ligado con los anteriores planteando de nuevo una igualdad matemática donde el número de individuos que nace, es igual al número de individuos que muere. Se espera que entonces

establezcan que esta igualdad o equilibrio, es un equilibrio de orden biológico, más específicamente un equilibrio ecológico.

Antes de continuar hacia la actividad de evaluación final, se le pedirá a los estudiantes que establezcan qué pasa con el tiempo en todos los casos. Se hará la reflexión a manera de discusión de si cambian o no cambian las diferentes cantidades discutidas en cada uno de los ejemplos, ya sea peso, masa, dinero, o individuos. Una vez terminada, se pasará a la parte evaluativa.

- **Evaluación:**

Como actividad evaluativa, se les pedirá a los estudiantes que completen de manera individual la siguiente tabla:

Tabla 4-9. Connotaciones de equilibrio en diferentes disciplinas

Disciplina	Ejemplo	¿Cuándo se alcanza el equilibrio o qué condiciones llevan al equilibrio?
Economía		
Física		
Matemáticas		
Biología		

Al finalizar, se pondrán en común las respuestas y se sacará como conclusión que las cantidades que afectan la igualdad o el equilibrio, han sido propuestas para un momento determinado, y que al no variar, tienen como característica común que son equilibrios estáticos.

Como conclusión final después de esta actividad evaluativa, se acordará con el grupo la definición de equilibrio estático.

- **Recursos:**
 - Proyector o imágenes impresas para hacer la discusión.


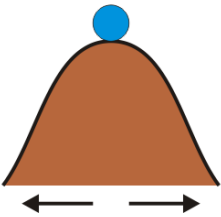
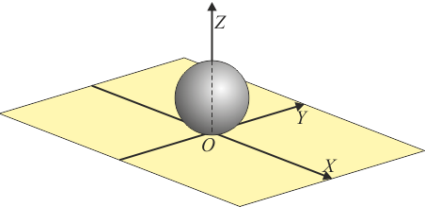
2. Introducción de conceptos nuevos acerca de equilibrio químico.



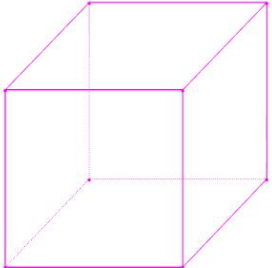
- **Tiempo estimado:** 2 horas
- **Descripción:**

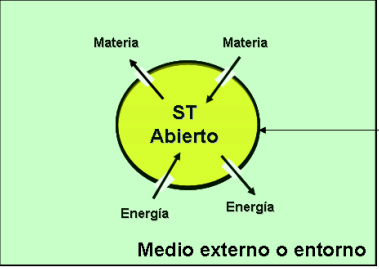
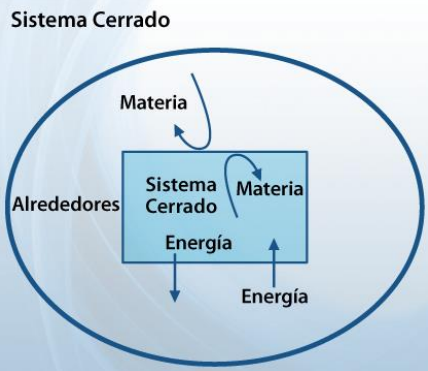

Para esta sesión se deben tener listo el recurso bibliográfico del cual se tomarán los significados para los términos a trabajar. Pueden ser dispositivos móviles, computadores de mesa o diccionarios según la disponibilidad de la institución.





Antes de entrar a clase, se presentará un cuadro como el mostrado en la tabla 4-10 con los términos que deben buscar y la imagen asociada. Se les pedirá que completen el apartado con la definición que cada uno tenga de los términos y una vez terminado se les pedirá que se reúnan en grupos, e inicien la búsqueda del significado de los términos. Si es en internet, se les direccionará a la página web de la RAE (real academia de la lengua española) y a la web www.diccionarios.com, donde los significados son confiables y pueden ser utilizados para el objetivo de esta clase.


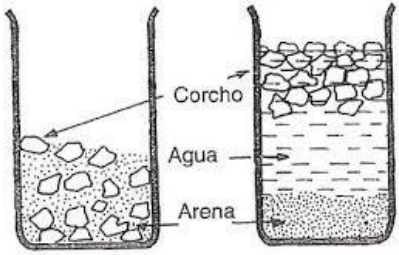
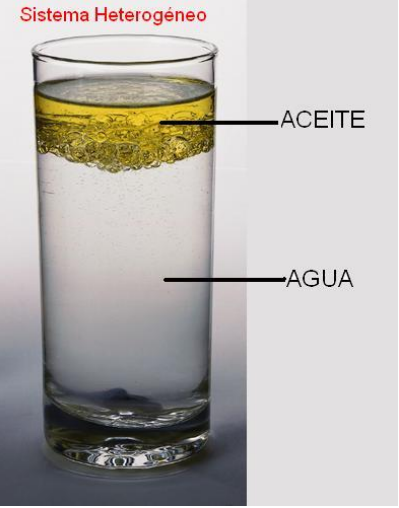
Tabla 4-10. Connotaciones de equilibrio en diferentes disciplinas

Imagen	Término	Definición propia	Definición formal
<p>Figura 4-15. Estado estable</p>  <p>Equilibrio Estable</p> <p>Fuente: https://goo.gl/4eEFec</p>	Equilibrio estable		
<p>Figura 4-16. Equilibrio inestable</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/zcvHPs</p>	Equilibrio inestable		
<p>Figura 4-17. Equilibrio indiferente</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/y6jThk</p>	Equilibrio indiferente		

<p>Figura 4-18. Equilibrio dinámico</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/d4hy9y</p>	Equilibrio dinámico		
<p>Figura 4-19. Equilibrio dinámico</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/2a1C7u</p>	Equilibrio dinámico		
<p>Figura 4-20. Sistema</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/34Azm7</p>	Sistema		

<p>Figura 4-21. Sistema abierto</p> <p style="text-align: center;">Universo</p>  <p style="text-align: center;">Medio externo o entorno</p> <p>Fuente: https://goo.gl/6FRD8D</p>	Sistema abierto		
<p>Figura 4-22. Sistema cerrado</p> <p style="text-align: center;">Sistema Cerrado</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/GlgEju</p>	Sistema cerrado		
<p>Figura 4-23. Sistema aislado</p> <p style="text-align: center;">Sistema Aislado</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/2L9T58</p>	Sistema aislado		

<p>Figura 4-24. Cambio reversible 1</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/SoG9VS</p>	<p>Cambio reversible: fusión</p>		
<p>Figura 4-25. Cambio reversible 2</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/6JZZjM</p>	<p>Cambio reversible: congelación</p>		
<p>Figura 4-26. Cambio irreversible 1</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/dacc5g</p>	<p>Cambio irreversible</p>		
<p>Figura 4-27. Cambio irreversible 2</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/ie7hHP</p>	<p>Cambio irreversible</p>		

<p>Figura 4-28. Mezcla homogénea</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/Gqjezn</p>	Homogéneo		
<p>Figura 4-29. Mezcla heterogénea 1.</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/818zQq</p>	Heterogéneo		
<p>Figura 4-30. Mezcla heterogénea 2.</p> <p>Sistema Heterogéneo</p>  <p>Fuente: https://goo.gl/DbSQxh</p>	Heterogéneo		

Al terminar de completar el cuadro, se hará la puesta en común con los estudiantes para hacer una conciliación de cada término, de manera que los significados que los estudiantes construyan, sean acordes con su vocabulario común pero sin salirse de la rigurosidad de la disciplina, de manera tal que se esté haciendo un paso desde su argot hasta el vocabulario técnico requerido de manera significativa.

La discusión abarcará qué implica que un equilibrio sea estable, inestable e indiferente que afectan un sistema de estudio. Aquí se da paso a la definición de sistema y los diferentes tipos: abierto, cerrado y aislado, para luego formalizar el concepto de sistema químico que es el que queremos trabajar.

Los conceptos de reversibles e irreversibles se abordarán no solo desde la química, sino que también desde un punto de vista termodinámico, que es más familiar a las reacciones y a la energía de las mismas a la vez. Por eso se usarán imágenes de combustiones por un lado para ilustrar irreversibilidad y por otro lado se usarán imágenes de hielo derritiéndose y una fruta congelada a modo de proceso inverso para ilustrar un proceso reversible (desde el punto de vista energético y no como un cambio físico que ya se ha distanciado en este punto de lo químico).

Habiendo discutido los significados de reversibilidad e irreversibilidad, se introducirá el concepto clave de la sesión y es la diferencia entre equilibrio estático y dinámico.

- **Evaluación:**

Como evaluación de esta sesión, se tendrá en cuenta el cuadro finalizado con las confrontación de los significados de diccionario y los propios, donde estos últimos deben ser pulidos durante la clase de manera que sean escritas en palabras propias del estudiante pero con la rigurosidad disciplinar. Además, se les pedirá

que escriban la diferencia entre un equilibrio dinámico y estático, donde el término “variación con respecto al tiempo” sea incluido.

En la discusión final, será tomada en cuenta el aporte oral de cómo los ejemplos de la primera clase pueden ser también dinámicos, donde por ejemplo en el caso económico, entre y salgan flujos de dinero, en la igualdad se cambien constantemente las variables para poder mantener constante la proporción matemática, los pesos de la balanza sean cambiados constantemente donde la tasa de nacimientos y muertes respecto al tiempo no varíe en un ecosistema.

- **Recursos:**

- Diccionarios de lengua española/sala de computadores/dispositivos móviles
- Proyector y portátil / imágenes impresas

3. Estructuración del concepto de equilibrio químico

- **Tiempo estimado:** 2 horas
- **Descripción:**

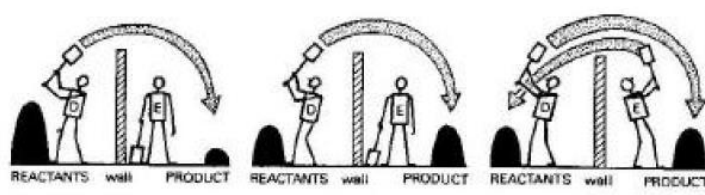
En esta sesión, se consolidará el concepto de equilibrio químico gracias a las bases que se han establecido en las dos clases anteriores. Para esto, se retomará la diferencia entre equilibrio dinámico y equilibrio estático y se recalcará la diferencia de “flujo constante” que hay de equilibrio dinámico respecto al equilibrio estático.

Se mostrará la Figura 4-19 usada en la Tabla 4-10 correspondiente a los malabaristas que intercambian aros de manera constante. Se empezará

estableciendo en el tablero la semejanza entre los aros y la ecuación de una reacción genérica donde las especies A y B reaccionan de manera reversible para producir C y D. Se planteará primero que cada uno de los malabaristas empezará con dos aros intercambiándolos con el otro, pero que después de determinado tiempo se agregarán más especies (puede ser A, B, C o D) y que deben pasarse todos los aros. Aquí se discutirá que al igual que en la reacción química, en esta analogía la velocidad a la que ocurre el intercambio de A y B desde un malabarista, debe ser igual a la velocidad a la que el malabarista con los aros C y D debe enviarlos para poder seguir el intercambio constante. Se establecerá que la velocidad a la que pasan A y B a C y D es la velocidad de reacción directa y que la velocidad a la que pasan los aros (especies) C y D a A y B es la velocidad inversa que debe mantenerse constante para mantener el equilibrio dinámico.

Luego, se presentará la Figura 4-32 de los hombres paleando. Antes de empezar, se describirá que los hombres se encuentran en un recinto cerrado donde no hay nada que afecte el proceso que llevan a cabo, y que sólo será alterado cuando se introduzca o se saque arena. Con esto, se establecerá de esta manera que el sistema es cerrado y que se tiene control sobre este.

Figura 4-21. Analogía obreros paleando arena



Fuente: Adaptado de Raviolo & Garritz (2007).

En la figura de los obreros paleando, se establecerá que la velocidad a la que palean material para un lado y para el otro es igual después de que se establece el intercambio de arena. Se les planteará la situación en la que un tercer obrero pone arena en uno de los dos lados, y los que están paleando deben aumentar la velocidad a la que palea para así mantener constante la cantidad de arena en ambos y seguir paleando. De esta manera, se introducirá el concepto de restablecimiento de equilibrio cuando se agregan más reactivos o más productos.

Se propondrá entonces que en determinado momento, los dos obreros reciben una bebida energizante/revitalizante con la cual pueden palear con más velocidad pero haciendo la aclaración que tiene los mismos efectos en ambos trabajadores. Con esto se les pedirá que analicen qué pasará con las cantidades en cada lado cuando paleen al mismo tiempo y cuando se agregue más arena a alguno de los lados. Al final, la conclusión de la discusión llevará a que se establezca que el energizante es el análogo del catalizador de la reacción, y que este no tiene efecto en el equilibrio como tal porque ambas velocidades, inversas y directas son iguales.

Con la anterior actividad, se ha trabajado el aspecto macroscópico con las analogías. Para abordar una visión microscópica de lo que pasa en el equilibrio, se proyectará el video que se encuentra en el enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=RjFW3sml1fY> donde se observa el cambio de color de soluciones en equilibrio al alterar el sistema de manera controlada. La *Figura 4-33* es tomada del video.

Figura 4-32. Cambio de color en solución al alterar el equilibrio



Fuente: Tomada de <https://www.youtube.com/watch?v=RjFW3sml1fY>.

Este video será insumo para la próxima clase, pues en él se observan diferentes cambios en el sistema y cómo lo afectan, introduciendo así el principio de Le Châtelier.

- **Evaluación:**

Como evaluación de la sesión, los estudiantes tendrán un ejercicio individual en el que se les entregará la Figura 4-34 de un teleférico que transporta personas entre una montaña y una estación en tierra. Se les pedirá que establezcan una condición de equilibrio y describan cómo y por qué se establecería un equilibrio dinámico en el sistema respecto al número de personas en ambas estaciones. Se les pedirá que describan en esa situación las analogías de velocidad inversa y directa, la alteración del sistema en cuanto al número de personas y el aumento de la velocidad de los teleféricos.

Figura 4-23. Imagen para Analogía de teleféricos



Fuente: <https://goo.gl/VBJ9XD>

- **Recursos:**
 - Proyector/imágenes impresas
 - Internet (o video descargado de youtube).

4. Principio de Le Châtelier

- **Tiempo estimado:** 2 horas

- **Descripción:**

Después de haber abordado aspectos macroscópicos y microscópicos del fenómeno de equilibrio químico, en esta sesión se abordará el tema desde lo simbólico, estableciendo el aspecto matemático del fenómeno y formalizando el aspecto químico para hacer el paso de las analogías a la reacción química.

En esta sesión se empezará definiendo las variables que afectan un sistema químico en equilibrio. Para empezar, se les mostrará la *figura 4-35* y a partir de ella se discutirá a la luz de la teoría cinética molecular qué pasa a nivel microscópico:

Figura 4-24. Diagrama de variables a analizar en el equilibrio químico



Apoyados en la figura anterior, se procederá a plantear la ecuación de equilibrio químico de la *Figura 2-1*, referente a la expresión de constante de equilibrio a partir de una reacción química genérica.

Se definirá con ellos la diferencia entre posición de equilibrio y estado de equilibrio, haciendo énfasis en que un estado de equilibrio está definido para una temperatura determinada constante, por lo que pueden haber infinitas combinaciones de posición de equilibrio que depende de la modificación controlada de las variables previamente definidas.

Se procederá a definir entonces K_c y el cociente de reacción Q , que dan cuenta del equilibrio y del avance de la reacción. Se mostrará la siguiente imagen para relacionar ambas cantidades y discutir qué pasa con el equilibrio:

Figura 4-25. Diagrama de desplazamiento del equilibrio

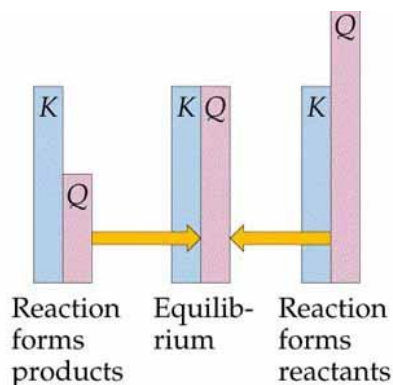


Tabla 4-11. Relación entre K_c , Q y comportamiento del sistema.

Relación entre K_c y Q	Desplazamiento del equilibrio
$Q = K_c$	Sistema en estado de equilibrio.
$Q \neq K_c$	Sistema perturbado con tendencia al equilibrio.
$Q < K_c$	Equilibrio se desplaza de reactivos a productos.
$Q > K_c$	Equilibrio se desplaza de productos a reactivos.

También se complementará con la Tabla 4-11, donde se podrán registrar las mismas relaciones.

Una vez finalizada la discusión de la gráfica, se empezará a manipular la expresión de la constante de equilibrio manteniendo el control de variables del sistema. Se mostrará sistemáticamente cómo puede variar el equilibrio al cambiar una de las siguientes variables y manteniendo las otras constantes:

- Presión
- Volumen
- Concentración
- Masa de las especies

En esta sistematización, se mostrará cómo puede ser seguida la evolución del sistema antes y después del equilibrio para comparar qué pasa con K_c . Los estudiantes al final evaluarán los cambios e irán completando la Tabla 4-12 que será entregada desde el principio para ellos.

Tabla 4-12. Modificación de parámetros y su efecto en el sistema.

Variable modificada	Estado de equilibrio	Posición de equilibrio
Temperatura	K_c cambia	Cambia la posición de equilibrio acorde con la nueva K_c .
Presión	K_c No cambia	Varía la posición de equilibrio.
Volumen	K_c No cambia	Varía la posición de equilibrio.
Concentración	K_c No cambia	Varía la posición de equilibrio.
Masa	K_c No cambia	Varía la posición de equilibrio.
Catalizador	K_c No cambia	Varía la posición de equilibrio.

Finalmente, la sesión finalizará con el postulado del principio de Le Châtelier y se aclarará que sólo es válido bajo las restricciones estudiadas en esta sesión, y que no es un principio aplicable a cualquier reacción reversible sin control de las variables.

- **Evaluación:**

Como evaluación de esta sesión, se tomarán las tablas de relación entre la constante y el cociente de reacción que los estudiantes completaron mediante la explicación del tema de principio de Le Châtelier.

- **Recursos:**

- Proyector/imágenes impresas

5. Aplicación de principio de Le Châtelier

- **Tiempo estimado:** 2 horas

- **Descripción:**

Esta sesión se dedicará enteramente al estudio de casos donde hay sistemas químicos en equilibrio. Durante la clase, se propondrán ejercicios donde haya sistemas homogéneos y heterogéneos, donde se cambien de manera controlada las variables del sistema y se ejerciten los estudiantes mediante la manipulación de la ecuación de la constante de equilibrio sin necesidad de reemplazar valores específicos en ejercicios. Para esta sesión, el trabajo se dará de manera individual, y la resolución de cada ejercicio será discutida después de la resolución del mismo, en un intervalo de 10 minutos cada uno. El tipo de ejercicios pueden ser consultados en el anexo B.

- **Evaluación:**

Para la evaluación, se dejará como actividad independiente el análisis de ejercicios de ejercicios dados por el docente, cuya solución será socializada en la siguiente clase y se evaluará con situaciones problema a resolver en una evaluación corta.

- **Recursos:**

- Problemas a analizar escogidos por el docente.

4.2 Resultados

4.2.1 Definición de términos a utilizar

Los términos a trabajar se escogieron después de haber hecho una revisión bibliográfica del tema en diferentes libros de química general, tanto en capítulos de equilibrio químico como de termo-química. Con los términos escogidos para trabajar la unidad, se elaboró la sección 4.1.1. A la luz de la teoría de aprendizaje significativo, se trató de empezar con términos e imágenes coloquiales, afines al entorno y conocimiento de los estudiantes.

4.2.2 Estructuración de la secuencia del tema a enseñar

La secuencia a seguir es la discutida en la sección 4.1.2. La estructuración de esta y los contenidos incluidos fueron escogidos según los diferentes referentes que han trabajado en el tema. El orden de los temas que se propone no es aleatorio. Se pensó para que haya una construcción gradual de los conceptos, pasando desde definiciones que tienen constantemente connotaciones del campo de la física hasta que se alcance el apropiamiento en términos de la química.

4.2.3 Diseño de la unidad didáctica

Se redactó la unidad didáctica de la sección 4.1.3 tomando como modelo la propuesta de la sección 4.1.2. Se destaca la gran cantidad de recursos audiovisuales que se pueden encontrar en la red, de manera tal que dos docentes pueden estructurarla usando material totalmente diferente para alcanzar el mismo objetivo. Inclusive, en caso de no haber recursos tecnológicos en una determinada institución, pueden usarse objetos e imágenes cotidianos, además de las analogías que pueden ser presentadas a los estudiantes de manera simple en caso tal de no contar con los recursos tecnológicos.

4.2.4 Evaluación de la propuesta por parte del docente

En primera instancia, se le hizo entrega de la unidad didáctica al docente de química del colegio Marymount de la ciudad de Medellín junto con una encuesta donde se evaluaban diferentes aspectos de la propuesta. El formato de la encuesta puede ser encontrada en el anexo C. Adicionalmente, para complementar el objetivo de evaluación del presente trabajo, la unidad y la encuesta fueron enviadas a los estudiantes de las materias Tópicos en Química y Laboratorio experimental de química del semestre 2015-II en la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. De todos ellos, una de las docentes respondió a la encuesta. En tabla 4.13 se resume el promedio aritmético de las puntuaciones obtenidas en las encuestas.

Tabla 4-13. Resultados promedio de la encuesta hecha.

Aspecto evaluado	Valoración (1 a 5)
Pertinencia de los contenidos enseñados en la unidad.	4,5
La temática abordada es suficiente para estudiar el fenómeno con los estudiantes.	4,5
Las analogías utilizadas son claras para el estudiantado.	4
Hay variedad de actividades en la unidad.	4
Los tiempos estipulados para las actividades son suficientes.	4
La manera de abordar la temática desde lo cualitativo es novedosa en comparación a como se aborda en los libros de texto usados para la enseñanza del mismo.	4,5

El docente del colegio Marymount respondió de manera detallada las preguntas abiertas del cuestionario. En estas, destacó la idoneidad de la unidad propuesta, donde no se sacrifica ni la rigurosidad propia de la disciplina a la hora de abordar el tema. En cuanto a las analogías utilizadas, fueron calificadas como variadas y suficientes para abordar el tema, expresando la intención de implementarla el próximo año en el curso con las estudiantes de 10° grado.

Como recomendación, el docente considera que los tiempos estipulados son muy amplios y que podrían reducirse. Para finalizar, el docente tomó en consideración la parte evaluativa de la unidad, y considera que debe fortalecerse en la implementación de la unidad.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Hay un arduo trabajo por adelantar en cuanto a la investigación en la enseñanza del equilibrio químico, y aunque los métodos varían dependiendo de las características particulares de la población estudiantil a la que se va a dirigir, la metodología utilizada es vital para aportar al adecuado entendimiento del fenómeno.

En cuanto a la terminología escogida, es importante que los recursos bibliográficos estén disponibles y el acceso a estos recursos se tenga en cuenta a la hora de elaborar la unidad didáctica, ya que no es lo mismo para las estudiantes del colegio Marymount, donde hay disponibilidad de todo tipo de recursos bibliográficos, a un colegio donde sólo se dispone de diccionarios que en muchos casos están desactualizados. Por eso, la escogencia del vocabulario debe hacerse obedecer a dos parámetros, a saber: el vocabulario disciplinar del equilibrio químico y la sencillez de encontrar los significados no disciplinares a partir de los que se construirán los conceptos.

Una vez se escogen los términos a trabajar, la secuencia escogida para enseñar el tema es de gran importancia. La secuencia conceptual debe ser implementada de manera tal, que el estudiante construya los conceptos de manera paulatina, tomando los conceptos que ya posee para transformarlos y resignificarlos. Esto permite que el tema que se asume como complejo, sea percibido como fácil de entender. En esta secuencia, es importante no abordar el equilibrio químico desde lo cinético. Hacer la transición temática desde la definición de equilibrio, pasando por sus características abordadas desde lo macroscópico, lo

microscópico y lo simbólico, y llegando al planteamiento del modelo matemático permite hacer un análisis más profundo y permite una comprensión del fenómeno.

A la hora del diseño de la unidad didáctica, es importante tener en cuenta los tiempos de trabajo con los grupos. No será lo mismo con un grupo de 10° grado de educación básica secundaria, que si se aborda con un grupo de primer semestre en la universidad. En este sentido los recursos son un factor determinante para su construcción. Si bien las analogías y la secuencia pueden hacerse con recursos cotidianos en el aula de clase o en la institución, el acceso a internet, a reactivos de laboratorio para la observación macroscópica del fenómeno, entre otros, favorecen la inclusión a los diferentes tipos de aprendizaje de los estudiantes y serán determinantes a la hora de la construcción de la unidad didáctica. Es importante que el docente conozca su grupo de trabajo (sobre todo si es en nivel de básica secundaria) para poder imponer el ritmo de clase y los tiempos de trabajo.

La evaluación de la unidad por parte del docente en el colegio Marymount de la ciudad de Medellín permite pensar en la implementación de la misma con las estudiantes. La parte conceptual y audiovisual propuesta puede ser explotada por el docente debido a la versatilidad de la misma, permitiendo aumentar el entendimiento de las estudiantes, y así pensar en mejorar el nivel de análisis de las situaciones problemas, aportando así al mejoramiento de dos situaciones: la tasa de aprobación del tema en el curso de química inorgánica y la posibilidad de abordar situaciones problema de una manera más analítica.

En general, la propuesta metodológica que aborda las características desde un punto de vista no numérico abre el camino hacia un entendimiento más analítico del equilibrio químico. Abordar los factores que afectan el equilibrio y abordarlo desde una escala microscópica, para explicar lo que pasa en escala macroscópica y pasar a la parte representacional del mismo, hacen que el tema sea entendido desde un marco referencial netamente químico y que se desambigüe el concepto del utilizado en las demás disciplinas donde es aplicable.

La propuesta permite entender el principio de Le Châtelier como la dinámica de flujos que cambian, y su restablecimiento se da bajo unas condiciones determinadas. Esto último es esencial para que el estudiante sea capaz de abordar de manera analítica cualquier situación problema.

5.2 Recomendaciones

En futuros trabajos, debe ser abordada la manera en la que se hace la evaluación de las sesiones y el aprendizaje y el uso de las TIC y la elaboración de situaciones problema para analizar en clase.

Las estrategias de evaluación deben dar cuenta del aprendizaje del estudiante y evidenciar el entendimiento del fenómeno y cómo puede utilizar las herramientas del modelo matemático de la constante de equilibrio para poderlo analizar. Por eso, es necesario que se propongan diferentes maneras de evaluar, donde se involucren competencias de análisis y ejecución, que den fe del entendimiento por parte de los estudiantes.

En este sentido, la implementación de TICS podría aportar tanto en la evaluación así como de apoyo para el entendimiento de la fenomenología a nivel microscópico.

En cuanto a los ejercicios a desarrollar y analizar, hay muy poco sobre el tema. En los libros de texto abundan los ejemplos de problemas contextualizados, mas no situaciones problema, por lo que sería un gran aporte trabajar en problemas que permitan solucionar situaciones típicas en la química del equilibrio.

Referencias

- Aponte. G, Payán. E, Pons. F. Fundamentos de matemáticas básicas (1998). México D.F. Editorial Pearson.
- Aréchiga. H. Conceptos de homeostasis. México D.F: Editorial universidad autónoma de México. 2000.
- Atkins. P., Jones. L., Chemical principles: the quest for insights. 5a edición. New York: Editorial W.H Freeman and company. 2008.
- Brown et al. Química la ciencia central, 9 Ed. México D.F. Ed Pearson. 2004
- Burbano, E. Burbano, G. García C. Física general, 32 Ed. Tébar, S.L, Madrid. (2003)
- Dirección Nacional de Planeación República de Colombia. *Bases del plan nacional de desarrollo 2014-2018*. Recuperado de goo.gl/oYbRLS. Fecha de actualización: 26/04/2016, 4:18 PM . Visitado por última vez el 26/04/2016.
- Fajardo, S. (2012). *Plan departamental de desarrollo Antioquia la más educada. Documento online*. Recuperado de goo.gl/mJJ03k. Fecha de actualización: 16/02/2015. Visitado por última vez el 16/02/2015.
- Galagovsky, L. (2008). Enseñanza de las ciencias naturales: un desafío a nivel mundial. El caso particular de la enseñanza de la química. *Proyecciones*, 951(692929), 23–34.
- Gama. M. Biología, biogénesis y microorganismos. 2 Edición. México D.F: Editorial Pearson. 2004.
- Gómez. F. Revista semana: Exportaciones se desplomaron 37,7% en noviembre de 2015. 7 de enero de 2016. Obtenido de www.cmi.com.co/exportaciones-se-desplomaron-377-en-noviembre-de-2015.
- González, R. Química general para las ciencias ambientales, Valencia, España. libro online. Disponible en <https://goo.gl/GWuK5c>. (2011).

- Ibañez. P, García. G. Matemáticas I: aritmética y álgebra. Madrid. Cengage learning editores, 2009.
- IUPAC, (2013). *Design for international standards for chemistry education (ISCE)*. Recuperado de goo.gl/Zg8REE. Fecha de actualización: 30/04/2015. Visitado por última vez el 30/04/2015.
- Jimenez H. José de Jesús. Matemáticas 1 SEP. Zopopán, México. Umbral editorial, 2006.
- Kane et al. Física. Madrid, España. Ed Reverte, 1989.
- Le Vay, D. Anatomía y fisiología humana, 2 ED. Barcelona, España. Ed Paidotribo, 2004.
- Maza, D. Fundamentos de economía. Caracas: Editorial Los libros del nacional, 2002.
- Marymount School Medellín, *Nuestro colegio*. Recurso Web, Recuperado de <http://marymount.edu.co/es/>
- Mayers. R., The basics of chemistry. Wesport: Editorial Greenwood press, 2003.
- Moran. M., Shapiro. H., Fundamentos de termodinámica técnica. 2a edición. Barcelona: Editorial Reverte, 2005.
- Moreira, M. (1993). Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. disponible en <http://www.if.ufrgs.br/~Moreira/apsigsubesp.pdf>. Visitado por última vez el 15/07/2015.
- Oliva, J. M. (2006). *Actividades para la enseñanza y aprendizaje de la química a través de analogías*, Revista Eureka para la enseñanza y divulgación de las ciencias. 3(1), 104–114.
- Pastor. A. Cultura general: Matemáticas Nivel II. Editorial Paraninfo, Madrid, 2011.
- Perales, F. J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación Y Experiencias Didácticas*, 24(1), 13–30.

- Quílez, J. (2006). Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. In *Enseñanza de las Ciencias* (Vol. 24, pp. 219-240).
- Quílez-Pardo, J., & Solaz-Portolés, J. 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 Pardo, J., Solaz Portolés, J. J., & Sanjosé López, V. (1993). La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico: limitaciones del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias*, 1993, vol. 11, p. 281-288.
- Raviolo, A., & Garritz, A. (2007). *Analogías en la enseñanza del equilibrio químico*. *Educación química*, 18(1), 16-29.
- Raviolo, A., & Andrade, J. (1998). Enseñar el principio de Le Chatelier: un sutil equilibrio. *Educación química*, 9(1), 40-45.
- Rodríguez P., M. et al. (2008). *La Teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva*. Barcelona: Ediciones Octaedro, 2008.
- Rolle, K. *Termodinámica*. 6 Edición. México D.F: Editorial Pearson, 2006.
- Searway, R, Jewett, J. *Física para ciencias e ingeniería*, 7 ED. México D.F. Ed Cengage Learning, 2008.
- Sears, F, Salinger, G. *Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística*, 2 ED. Barcelona, España. Ed Reverte, 1980.
- Schulkin, J. *Alleostasis, homeostasis and the costs of physiological adaptation*. New York: Cambridge University press, 2004.
- Solomon, E., Berg, L., Martin., D. *Biología*. 9ª Edición. México D.F: Cengage Learning, 2013.
- Spencer, Milton. *Economía contemporánea*, 3 ED. Barcelona, España. Ed Reverte, 1993.
- Stoker, Stephen. *General, organic and biological chemistry*. 4ª edición. New York: Cengage Learning, 2007.
- Vargas, G. *Introducción a la teoría económica: un enfoque latinoamericano*. México D.F:Editorial Pearson, 2006.

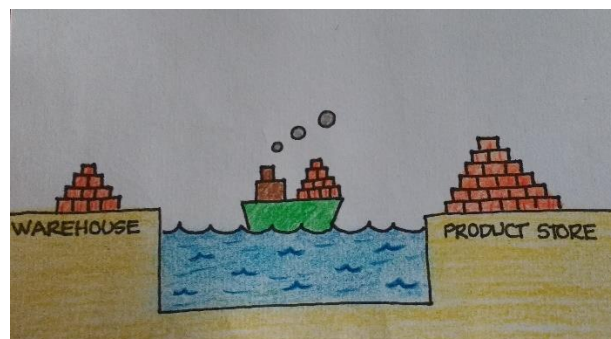
A. Anexo: Explicación de analogías utilizadas

A continuación, se da una breve descripción de las analogías propuestas en la sección 4.1.2.

1. Barcos transportando materiales a ambos lados de un lago.

En esta analogía, un barco transporta material de un lado a otro de las orillas de un lago. En ambas orillas hay una bodega y el barco debe transportar mercancía de una a otra. En una de ellas, llega constantemente mercancía de otro lugar, y en la otra se vende constantemente la mercancía que recibe de la primera bodega. El trabajo del barco es mantener surtida la bodega que vende la mercancía y mantener constante el volumen de producto en stock dependiendo del volumen de ventas.

Figura 5-1. Analogía del barco

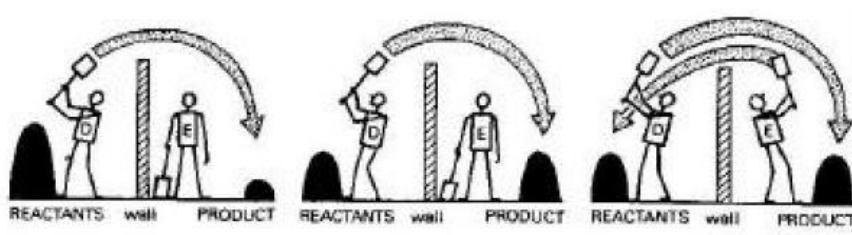


Fuente: Elaboración propia.

2. Obreros paleando arena

En esta analogía, hay dos obreros aislados en dos lados de un compartimento (sistema) abierto, donde están separados por un muro. Ambos deben palear arena de un lado a otro del muro.

Figura 5-2. Analogía obreros paleando arena



Fuente: Adaptado de Raviolo & Garritz (2007).

3. Malabaristas tirándose pelotas

En este caso, hay dos malabaristas que se lanzan pelotas/aros de manera constante, y uno de ellos debe pasarle las pelotas a determinada velocidad al otro de manera que el intercambio sea constante.

Figura 5-3. Analogía malabaristas



Fuente: <https://goo.gl/AxK7U8>

4. Teleférico transportando personas

En esta analogía, se plantean dos estaciones ubicadas en puntos diferentes. El teleférico debe transportar a las personas de una estación a otra dependiendo del flujo de gente.

5. Parejas de baile

“Un cierto número de estudiantes de ambos sexos se encuentran en el gimnasio, todos cegados por tapaojos; los niños llevan un corte de pelo muy pequeño y las niñas unas colitas, de tal forma que tocar la cabeza es una forma de conocer el sexo de la persona que se encuentra. Cuando se halla una persona del otro sexo, hay que llevarla al cuarto “de compromiso”, con lo cual se logra reunirlos, ocurre la reacción química y quedan unidos, bailando; es decir, que mientras más actividad tengan los estudiantes ello los conduce a incrementar el número de “colisiones” entre ellos, lo que es el símil a incrementar la energía cinética de las partículas, es decir, la temperatura, y, por ende, la rapidez de la reacción.” (Raviolo & Garritz, 2007).

6. Pintor-despintor

En esta analogía recopilada por Raviolo & Garritz (2007), existen dos pueblos, uno llamado “Pintalandia” y el otro llamado “Despintalandia”. En el primero, sus habitantes son pintores de carreteras y en el segundo “des-pintores” de las mismas. La situación se plantea partiendo de que uno de los habitantes de Pintalandia desea pintar una línea de determinada longitud desde su pueblo en dirección hacia Despintalandia. Al ser un poco torpe, el pintor deja la caneca de pintura en su pueblo, remoja la brocha y va pintando hasta que la

pintura de esta se agota, momento en el cual debe volver hasta la caneca y remojarla con pintura para continuar.

Por su parte, hay un habitante de Despintalandia que quita la pintura con removedor. Al ver la pintura desde su pueblo, este remoja una esponja con el líquido y se dirige justo al punto donde el pintor acabó la línea antes de volver a la caneca de pintura. En esta situación, la pregunta planteada es “¿Cómo cambia la distancia de la línea pintada con el tiempo?”

Figura A-4. Ilustración de analogía pintor-despintor



Fuente: Tomado de Raviolo & Garritz (2007).

7. Juego de clips

En este juego recopilado por Raviolo & Garritz (2007) y propuesta por Dresser (1996), se propone el uso de clips como medios para explicar el equilibrio químico. En este caso, el valor agregado de la propuesta es que

aporta en el entendimiento del concepto de formación y descomposición de moléculas en el equilibrio químico.

El juego consiste en que a dos estudiantes se les vende los ojos y se les entregue un recipiente abierto a cada uno con clips adentro. Dentro de cada caja habrá dos sub-conjuntos de clips: habrá clips que estén entrelazados de a dos (uno grande y uno pequeño) y habrá clips que estén sueltos de uno en uno. Los estudiantes tendrán que escudriñar en la caja para separar los clips que están juntos cada vez que los detecte y de unir los clips grandes y pequeños cada vez que los detecte. Cada estudiante tendrá diferente número de clips en las cajas, y mientras estos unen y separan los clips que representan moléculas y átomos, habrá estudiantes que registrarán cada determinado tiempo cuantos clips juntos y separados habrá.

La perturbación del equilibrio, en términos de adición de masa, se hará introduciendo al sistema cada cierto tiempo un número determinado de clips.

8. Peceras conectadas con diferentes tamaños

Para aportar al entendimiento del “intercambio” de masa de un lado al otro de la ecuación de reacción en equilibrio, Raviolo & Garritz (2007) reportan la propuesta de Rusell (1998), quien propone usar como ejemplo dos peceras conectadas, las dos de diferente tamaño y con diferente número de peces adentro de cada una. Se plantea que los peces están en movimiento constante y que se alcanza el equilibrio cuando el número de peces que pasa de un lado a otro en un determinado tiempo, es constante.

Consideramos este ejemplo para ilustrar las tasas de reacción en el tiempo que se da en el equilibrio químico.

B. Anexo: Ejemplos de ejercicios

Los siguientes ejercicios son propuestos por Quílez, J. (2006) para el análisis analítico de problemas de equilibrio. Estos son ejemplos que podrán contextualizarse y adaptarse a situaciones problema que el docente que imparta la asignatura crea conveniente.

Problema 1

Para el equilibrio químico que aparece representado por la reacción:



Justifica el efecto que producirán en la concentración de $\text{NO}_2(\text{g})$ las siguientes modificaciones del equilibrio: a) un aumento de presión a temperatura constante; b) un aumento del volumen a temperatura constante.

Problema 2

El bromuro amónico es un sólido cristalino que se descompone en un proceso endotérmico según el siguiente equilibrio:



En un recipiente de reacción en el que se ha alcanzado el equilibrio anterior:

Explica si la presión de $\text{HBr} (\text{g})$ y la cantidad de $\text{NH}_4\text{Br} (\text{s})$ aumenta, disminuye o se modifica:

- Cuando se introduce $\text{NH}_3 (\text{g})$.
- Al duplicar el volumen del recipiente.

Problema 3

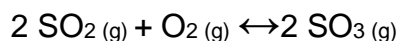
Considera el equilibrio $\text{N}_2 (\text{g}) + 3\text{H}_2 (\text{g}) \leftrightarrow 2\text{NH}_3 (\text{g})$; $\Delta H = -92,4 \text{ kJ}$, que se desarrolla en un recipiente de volumen fijo. Indica cómo afectará a dicho equilibrio cada una de las operaciones siguientes:

- Aumento de la presión.
- Aumento de la temperatura.
- Adición de un gas inerte que no participe en la reacción, por ejemplo, argón.
- Adición de hidrógeno.

Explica tus respuestas.

Problema 4

Una mezcla de dióxido de azufre y oxígeno en la relación molar 2:1, en presencia de un catalizador, alcanza el equilibrio:



- ¿Cuál es el valor de K_p si, a la presión de 5 atm, el 33% del $\text{SO}_2 (\text{g})$ se ha transformado en $\text{SO}_3 (\text{g})$?
- En las mismas condiciones de presión y temperatura y con una relación molar inicial de SO_2 y O_2 1:1 explica, justificando la respuesta, si el porcentaje de SO_2 transformado es igual, mayor o menor que en el apartado a.

C. Anexo: formato encuesta a docente

Encuesta

Evaluación de unidad didáctica

Propuesta metodológica para la enseñanza del equilibrio químico desde una perspectiva cualitativa

Luego de leer la unidad didáctica que propone una metodología para la enseñanza del equilibrio químico desde el punto de vista cualitativo, por favor conteste brevemente el siguiente cuestionario. Por favor, califique de 1 a 5 cada uno de los aspectos e cuestión después de completar los demás datos.

Nombre:

Nivel educativo:

Formación:

Años de experiencia educativa:

Años de experiencia en enseñanza de la química:

Institución educativa en la que labora actualmente:

Tabla C-1

Aspecto evaluado	Valoración (1 a 5)
Pertinencia de los contenidos enseñados en la unidad.	
La temática abordada es suficiente para estudiar el fenómeno con los estudiantes.	
Las analogías utilizadas son claras para el estudiantado.	
Hay variedad de actividades en la unidad.	
Los tiempos estipulados para las actividades son suficientes.	
La manera de abordar la temática desde lo cualitativo es novedosa en comparación a como se aborda en los libros de texto usados para la enseñanza del mismo.	

¿Implementaría usted esta unidad didáctica para la enseñanza del equilibrio químico?

¿Considera adecuado el vocabulario usado y acorde a la edad de sus estudiantes?

¿Encuentra claras las analogías utilizadas?

¿Encuentra conveniente la secuencia temática utilizada para enseñar el tema?

¿Considera que la propuesta aporta al entendimiento del tema de sus estudiantes?