UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Estrategia de enseñanza-aprendizaje sobre equilibrio químico con base en el enfoque histórico-epistemológico de la ciencia

Carolina Zabala Suárez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2017

Estrategia de enseñanza-aprendizaje sobre equilibrio químico con base en el enfoque histórico-epistemológico de la ciencia

Carolina Zabala Suárez

Trabajo Final como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

MANUEL FREDY MOLINA CABALLERO

Químico, M.Sc

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Bogotá, Colombia

2017

Dedicatoria

A mi esposo Edwin, quien me impulso a alcanzar metas más altas y fue fuente de inspiración. ¡Gracias Amor!

A mis hijos Daniela y Camilo, quienes me confortaron con un abrazo y me brindaron su comprensión cuando la necesité.

A Dios, que me dio fortaleza y sabiduría para enfrentar los obstáculos.

A la Virgen María, mi modelo, mi guía.

El maestro es un transformador de vidas, por eso aplica la máxima del Maestro: "trata a los demás como quieras que te traten a ti" (Jesús de Nazaret, Mateo 7:12).

Agradecimientos

Al Liceo del Ejército-Liceo Colombia, por permitir el espacio académico y físico para la consecución del proyecto.

Al profesor Qco, MSc. Manuel Fredy Molina Caballero del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, por su acompañamiento en el proceso de construcción y aplicación del proyecto de trabajo de grado.

Resumen

El documento presenta una estrategia de enseñanza-aprendizaje sobre equilibrio químico con base en el enfoque histórico-epistemológico de la ciencia, su aplicación a un grupo de 30 estudiantes de grado undécimo del Liceo del Ejército-Liceo Colombia y posterior evaluación de la efectividad de la estrategia. El trabajo siguió el modelo de investigación-acción desarrollado en cuatro fases: la planificación, la acción, la observación y la reflexión. En la primera, se realizó la fundamentación teórica de la investigación, la evaluación de los saberes previos de los estudiantes y se establecieron los contenidos de la estrategia; en la acción, se dio la implementación de la estrategia; en la observación, se registraron los resultados; y finalmente, en la fase de reflexión se realizó la evaluación de la estrategia. Con el fin de establecer la efectividad de la estrategia y evaluar el aprendizaje en los estudiantes, se utilizó como instrumento el test de proposiciones de Raviolo, Baumgartner, Lastres y Torres (2001), el cual evaluó aspectos como: *acercamiento al equilibrio, características del equilibrio, cambio en la concentración de un reactivo, cambio de la temperatura del sistema, cambio del volumen del sistema y adición de un catalizador al sistema en equilibrio.* A partir de los resultados del test de proposiciones y su análisis, se determinó que los estudiantes alcanzaron los objetivos planteados en cada una de las sesiones de trabajo establecidas dentro de la estrategia.

Palabras clave: equilibrio químico, histórico-epistemológico, Investigación-acción.

Abstract

This work presents a teaching-learning strategy on chemical equilibrium based on the historical-epistemological approach of science, its application to a group of 30 students of eleventh grade of the Lyceum of the Army-Liceo Colombia and subsequent evaluation of the effectiveness of the strategy. The work followed the research-action model developed in four phases: planning, action, observation and reflection. In the first one, the theoretical foundation of the research was realized, the evaluation of the previous knowledge of the students and the contents of the strategy were established; In action, the implementation of the strategy was given; In the observation, the results were recorded; And finally, in the reflection phase the evaluation of the strategy was carried out. In order to establish the effectiveness of the strategy and to evaluate students' learning, the test of propositions of Ravolo, Baumgartner, Lastres and Torres (2001) was used as instrument, which evaluated aspects such as: approach to equilibrium, characteristics of the Equilibrium, change in reagent concentration, change in system temperature, change in system volume and addition of a catalyst to the equilibrium system. From the results of the test of propositions and their analysis, it was established that the students reached the objectives set out in each one of the work sessions established within the strategy.

Key words: chemical equilibrium, Investigation-action, historical-epistemological.

Tabla de Contenidos

Introducción 1
1. Situación problema 3
1.1. Planteamiento del problema 3
1.2. Justificación 5
1.3. Objetivos 7
1.3.1 Objetivo general. 7
1.3.2 Objetivos específicos 7
2. Marco de fundamentación 8
2.1 Enseñanza de la química 8
2.2 Investigación de la didáctica del equilibrio químico 10
2.3 Conocimiento disciplinar del equilibrio químico 14
2.3.1. Concepto de equilibrio químico. 14
2.3.2 Constante de equilibrio. 15
2.3.3 Cociente de la reacción (Q). 17
2.3.4 La energía libre y el equilibrio químico. 18
2.3.5 Factores que modifican el equilibrio químico. 20
2.4 El enfoque histórico-epistemológico en la enseñanza de la química 22
2.5 Trabajo práctico y enseñanza de la química 24
3. Marco histórico-epistemológico del equilibrio químico 25
4. Diseño metodológico 27
4.1 Contexto educativo y población 27
4.2 Tipo de investigación. 27
4.2.1 Fases de la investigación. 29
5. Resultados y Discusión. 33
5.1. Resultados. 33
5.1.1. Evaluación de los saberes previos. 33
5.1.2. Determinación de los contenidos de la estrategia de aprendizaje. 38
5.1.3. Diseño y aplicación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje. 40

5.1.4 Evaluación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje. 42
5.2 Discusión 52
5.2.1. Evaluación de los saberes previos. 52
5.2.2. Determinación de los contenidos de la estrategia de aprendizaje. 54
5.2.3. Diseño y aplicación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje. 56
5.2.4. Evaluación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje. 58
5.2.5 Seguimiento a los objetivos de investigación. 61
6. Conclusiones 67
7. Referencias bibliográficas. 68
ANEXO A 78
ANEXO B 80
ANEXO C 84
ANEXO D 88
ANEXO E 91

Introducción

El equilibrio químico es uno de los temas de gran importancia dentro del aprendizaje de la química, esto debido a que muchos de los procesos biológicos, físicos y químicos tienen inmersas situaciones de equilibrio. Lo anterior ha hecho que en las últimas dos décadas se realicen una serie de trabajos de investigación en torno al aprendizaje y enseñanza del equilibrio químico. (Quilez, 2007)

Rocha (2000) afirma que según investigaciones sobre el aprendizaje del equilibrio químico, se han identificado dificultades en las concepciones de los estudiantes sobre el tema, que generan interpretaciones alternativas erróneas y alejan a los educandos de la comprensión y posterior aplicación en contexto de la temática. Estas dificultades son el resultado del proceso de instrucción.

A partir de lo anterior, es función del educador establecer estrategias encaminadas a que los estudiantes tengan una interpretación correcta del mundo que les rodea y en especial para nuestro caso el de los procesos que involucren el equilibrio químico.

La construcción del conocimiento no es el resultado del azar, sino es el producto del quehacer científico desarrollado a través del tiempo, en donde confluyeron contextos que crearon una necesidad y se dieron discusiones en torno a observaciones y experimentaciones, para finalmente establecer teorías, algunas de ellas vigentes hoy en día. Cuando se realiza una revisión del trabajo científico que dio a lugar al entendimiento del equilibrio químico desde el siglo XVIII se encuentra el fundamento epistemológico de éste, el cual sirve de base para el establecimiento de estrategias de enseñanza que permitan el aprendizaje del equilibrio químico por los estudiantes.

El siguiente trabajo presenta una estrategia de enseñanza-aprendizaje sobre equilibrio químico con base en el enfoque histórico-epistemológico de la ciencia, aplicada a un grupo de 30 estudiantes de grado undécimo del Liceo Colombia en el año 2016, el cual parte de la importancia de realizar una introducción adecuada del equilibrio químico a partir de conceptos estructurantes como reacción

completa, reacción incompleta y reversibilidad de las reacciones, como base para el entendimiento de la dinámica del equilibrio por parte de los estudiantes. Esta estrategia bajo el enfoque histórico-epistemológico, utilizó el desarrollo a través del tiempo del concepto para trazar la ruta o secuencia de contenidos, integró el componente histórico-epistemológico dentro de las actividades para que los estudiantes tuvieran una visión más real del proceso de construcción del conocimiento científico, así como aprovechó el trabajo experimental de la época, para adaptarlo y utilizarlo en las actividades propuestas con el fin de dar una base fáctica con ayuda de cajas experimentales, que facilitara la comprensión de los conceptos estructurantes por parte de los estudiantes.

La metodología de investigación utilizada para realizar el seguimiento y la evaluación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje corresponde a la investigación-acción, en la cual se desarrolló una planificación de la estrategia, posteriormente se puso en práctica con el grupo de estudiantes, se realizó una observación y registro de resultados, para finalmente hacer una reflexión con respecto a la efectividad de la estrategia.

1. Situación problema

1.1. Planteamiento del problema

Cuando se realiza una reflexión sobre el aprendizaje de las ciencias en los adolescentes, se encuentra que, dentro de la formación del conocimiento, los jóvenes establecen una relación directa entre lo que perciben a través de los sentidos y lo que consideran como un fenómeno real (Pozo J. I., 2009), lo que trae como consecuencia que, la imagen de lo real para los adolescentes debe ser el resultado de una percepción de tipo sensorial. Mediante ese proceso se establece una barrera entre lo perceptible y lo no perceptible, que crea la dificultad para comprender los procesos químicos a nivel microscópico, ya que consideran que estos procesos no se pueden materializar y por lo tanto son intangibles.

Lo anterior lo resume Furió cuando afirma que los adolescentes "*no comprenden que existen distintos niveles de descripción de la materia en íntima relación: el nivel macroscópico de las sustancias con sus propiedades y cambios y, por otra parte, el nivel microscópico de aquellas mismas sustancias que la Química modela a base de átomos, iones o moléculas*" (Furió, 2000).

La dificultad descrita en el texto anterior se presenta en la mayoría de los estudiantes del Liceo Colombia, ya que, al solicitarles por medio de modelos la explicación de fenómenos cotidianos y/o pedirles que realicen una argumentación desde el nivel microscópico de los eventos percibidos en el trabajo de laboratorio, manifiestan no saber cómo hacerlo.

El no entendimiento de las interpretaciones macroscópicas y las microscópicas de los fenómenos químicos y la falta de relación entre estos dos niveles de interpretación de la materia tienen como consecuencia la no comprensión de fenómenos químicos (Gabel, 1998), Por lo tanto, establecer estrategias pedagógicas que contribuyan a que los estudiantes establezcan la relación entre el nivel microscópico y macroscópico de la materia puede contribuir a que los adolescentes comprendan el mundo de la Química.

Uno de los temas que requiere de manera importante una conexión entre el nivel macroscópico y el microscópico en el estudiante es el del equilibrio químico, debido a que, en las reacciones químicas reversibles una vez se alcanza el equilibrio siguen cambios a nivel microscópico, que impide que el aprendiz distinga entre situaciones de equilibrio o no equilibrio en una reacción, además de identificar su carácter dinámico. Lo anterior, implica en el estudiante un grado de complejidad y abstracción del tema, que puede acarrear la aparición de concepciones alternativas durante su aprendizaje (Raviolo A. , 2007).

Se han realizado diversas investigaciones y planteado múltiples estrategias con el fin de evitar la aparición de las concepciones alternativas que puede tener el estudiante producto del proceso de instrucción, una de las estrategias utilizadas alrededor de la didáctica de la Química, es la de recontextualizar el trabajo experimental para la construcción de conceptos relacionados con la disciplina. Lo anterior, mediante la aplicación del enfoque histórico epistemológico de la ciencia, el cual permite desarrollar en los estudiantes: actitudes de pensamiento crítico, de acuerdo con los procesos de construcción del pensamiento científico y su naturaleza (Raviolo A. , 2007); la apropiación de los conocimientos y le proporciona a los estudiantes una visión de la Química como una actividad colectiva, que se construye por consenso de la comunidad científica en un contexto histórico y cultural (Quilez, 2004).

A partir de lo expuesto se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta: **¿Cuál puede ser una estrategia de enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico basada en el enfoque histórico-epistemológico de la ciencia con estudiantes de grado undécimo del Liceo Colombia?**

1.2. Justificación

Destacar la importancia del estudio del equilibrio químico en la secundaria, va más allá del seguimiento de unos lineamientos establecidos por las entidades gubernamentales en materia de educación. El estudio del equilibrio químico forma parte de aplicaciones biológicas e industriales que han contribuido a mejorar la calidad de vida tanto en la medicina como a nivel industrial, por lo tanto, resaltar el valor de establecer estrategias de enseñanza-aprendizaje para la comprensión adecuada del equilibrio químico por parte de los estudiantes en la secundaria, puede irradiar en un mayor entendimiento de dichos procesos en su formación profesional futura.

El equilibrio químico es un concepto abstracto que requiere un nivel de comprensión alto por parte de los estudiantes (Huerta & Irazoque, 2009) y el dominio de conceptos subordinados (Quílez J. , 2007), además, este forma parte de los conceptos estructurantes de la química. Por esta razón, consolidar estrategias de enseñanza-aprendizaje del equilibrio que disminuyan las dificultades en la comprensión de este concepto es relevante. Si en la instrucción se da lugar a concepciones alternativas que persisten en el tiempo, estas pueden alcanzar un estatus de obstáculo epistemológico (Castro L. , 2010) lo cual dificulta la comprensión del equilibrio químico. Algunas de las dificultades y concepciones alternativas referenciadas en los escritos son: los estudiantes no establecen las diferencias y relaciones entre el nivel microscópico, macroscópico y simbólico; tienen un aprendizaje memorístico de reglas que son aplicadas sin entendimiento alguno y por ende una insatisfactoria resolución de problemas sobre equilibrio (González, 2009); le atribuyen los estudiantes al equilibrio químico un carácter estático visión dada desde la física, ya que permite relacionar el concepto con situaciones cotidianas (Moncaleano R, 2008). Otra dificultad es la confusión entre la velocidad de la reacción y extensión de esta (Nakhleh, 1992), así como la interpretación del equilibrio químico como dos compartimentos separados debido a la asociación que se da entre el concepto y la ecuación química, y la aplicación inadecuada del principio de Le Chatelier (Rocha A. , 2000). Estas dificultades

surgen como consecuencia de una enseñanza operativista del equilibrio químico, sin importar el análisis cualitativo.

Una forma de evitar el operativismo en la enseñanza del equilibrio químico, es hacer una introducción adecuada del tema con el fin de evitar interpretaciones alternativas (Raviolo A. , 2007), esto es, mediante el desarrollo de una estrategia que involucre el trabajo experimental desarrollado a través de la historia en la consolidación del concepto de equilibrio químico y el componente histórico-epistemológico (Quílez J. , 2007). Este último elemento, el componente histórico-epistemológico, es la base para la introducción y desarrollo de los conceptos de equilibrio químico ya que desafía los conocimientos previos de los estudiantes sobre reacciones químicas, el concepto de reacción incompleta, reversibilidad y equilibrio dinámico. Finalmente, como lo expresa Quílez (2007), "una visión histórica-epistemológica le permite a los estudiantes desarrollar una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia, la importancia de la clasificación en la química, la renuencia de los científicos a abandonar una teoría y reflexionar en que la construcción de la química puede considerarse un esfuerzo humano".

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Diseñar una estrategia de enseñanza-aprendizaje para estudiantes de grado décimo del Liceo Colombia, sobre equilibrio químico, con base en el enfoque histórico-epistemológico de la ciencia

1.3.2 Objetivos específicos

1.3.2.1. Reconocer los conocimientos previos de los estudiantes sobre: cinética química, reacción química y estequiometria de las reacciones.

1.3.2.2. Establecer los contenidos específicos para el tema de equilibrio químico, que se desarrollarán dentro de la estrategia de enseñanza.

1.3.2.3. Analizar los conceptos que se desarrollaron a la luz del trabajo experimental de los científicos a través de la historia en la construcción del concepto de equilibrio químico, con el fin de establecer los experimentos pertinentes dentro de la propuesta didáctica.

1.3.2.4. Definir los elementos constitutivos y la estructura de la estrategia didáctica sobre equilibrio químico.

1.3.2.5. Evaluar la estrategia de enseñanza planteada para establecer su efectividad.

2. Marco de fundamentación

2.1 Enseñanza de la química

La química es considerada una de las áreas de conocimiento con mayor dificultad de aprender debido al carácter abstracto que tiene y el lenguaje especializado que maneja, esto ha hecho que se tome el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química como objeto de investigación. (Raviolo & Martínez A, 2005)

Diferentes escritos a cerca de la enseñanza de la química han centrado su estudio en tres aspectos: identificación de las dificultades que presentan los estudiantes cuando se trata del aprendizaje de la química, identificación de concepciones alternativas producto de la instrucción, y por último, la elaboración y evaluación de estrategias didácticas que contribuyan a que los educandos aprendan química.

En un momento en el que el aprendizaje de la química para los jóvenes es poco atractivo, estudiar las dificultades que presentan los estudiantes cuando se enfrentan a esta, es el punto de partida para establecer nuevas estrategias de enseñanza. Sirhan (2007), considera que cuando se dan los procesos de enseñanza-aprendizaje: el contenido curricular, el lenguaje y comunicación, la formación de conceptos y la motivación, representan aspectos que dificultan la construcción de saberes a cerca de la química en los estudiantes.

Cuando se trata de establecer una serie de lineamientos y políticas que contribuyan a la formación integral del estudiante, las instituciones educativas participan por medio de la construcción del curriculum. Cada institución educativa sigue los lineamientos a nivel gubernamental y el proyecto educativo institucional para establecer criterios, elaborar el plan de estudio e indicar las metodologías a seguir para que los estudiantes construyan su identidad. Esto puede representar un obstáculo cuando se trata de aprender ciencia, ya que en ocasiones las instituciones educativas desconocen o dejan de lado las necesidades particulares

de los estudiantes y se concentran en establecer una secuencia de contenidos bajo la lógica del sujeto (Reid, 2000).

El lenguaje y la comunicación corresponde a un elemento esencial en la construcción del conocimiento, ya que muestra las estructuras conceptuales existentes en el individuo así como las crea (como se cita en Evagorou y Osborne, 2010, p. 135). En la creación de estructuras conceptuales, se toma como referencia elementos captados a través de los sentidos o los constructos imaginarios elaborados por la mente, los cuales deben ser transcritos a través del lenguaje, ya que a su vez, este representa un instrumento mediante el cual se consigue dicha referencia, por lo tanto, "el conocimiento científico es dependiente del lenguaje y el lenguaje es fundamental para la capacidad de pensar" (Evagorou & Osborne, 2010, pág. 136). El papel fundamental que nos muestra el lenguaje, puede llegar a ser un impedimento en el aprendizaje de la química si algunos códigos de comunicación no son entendidos por los estudiantes o llevar a interpretaciones erróneas de parte de quien recibe la instrucción, si las palabras utilizadas por los docentes para que entiendan los estudiantes, no son las adecuadas.

A medida que el individuo construye su conocimiento se da paso a la formación de conceptos, que surgen como resultado del establecimiento de vínculos entre los conocimientos nuevos y los que ya posee el estudiante. Por lo tanto, se parte de la existencia de conceptos previos que le permiten al educando a su vez interpretar los nuevos y así construir su conocimiento. En la mediación entre las concepciones previas y las nuevas, se puede dar la formación de concepciones erróneas como consecuencia de la unión de conceptos nuevos de manera inapropiada, esto puede ser una barrera dentro del aprendizaje de la ciencia, ya que se establecen concepciones alternativas alejadas de las ideas y concepciones científicas (Sirhan, 2007). En este aspecto, el docente debe verificar los conocimientos previos de los estudiantes para identificar la existencia de concepciones erróneas y así plantear y ejecutar una estrategia que elimine los conceptos erróneos y sean suplantados por los correctos en el estudiante.

La motivación es otro elemento presente en el proceso de aprendizaje y en especial cuando se trata de la química. Lograr en el estudiante que surja una

fuerza interna que lo impulsa a la aprensión del conocimiento, requiere identificar el estilo de aprendizaje de los estudiantes y la categoría motivacional de cada individuo (Quiroga, 2010), ya que reconocerlos por el docente, permite establecer estrategias de enseñanza aprendizaje que muestren un saber de forma atractiva para el educando. Por otro lado, la enseñanza de una temática de forma descontextualizada, la metodología del docente, la escasez de trabajo experimental (Furio & Más., 2006) y temas que requieren procesos de pensamiento complejos por su carácter abstracto, son factores que influencian el estado de motivación de los estudiantes hacia la química, por lo tanto no se pueden desconocer.

2.2 Investigación de la didáctica del equilibrio químico

El tema del equilibrio químico ha captado la atención de estudiosos en didáctica de la química, en razón a las dificultades presentadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, se han venido planteando una serie de estrategias, a partir del uso de recursos y procedimientos específicos como estrategias de enseñanza del concepto de equilibrio químico, con el fin de minimizar dificultades en el aprendizaje y desarrollar constructivamente dicho conocimiento.

Por lo anterior, mientras que algunas investigaciones sobre la didáctica del equilibrio químico centran su atención en el análisis de las dificultades y concepciones alternativas de los estudiantes en los niveles secundario y universitario, otras proponen estrategias donde se involucran modelos constructivistas, el uso de tecnologías y el reconocimiento de la importancia del uso de un enfoque histórico-epistemológico. A continuación, se citan algunos de estos estudios:

Quilez (2006), realizó una investigación relacionada con las dificultades de los libros de texto, docentes y estudiantes titulada "*Análisis de Problemas de Selectividad de Equilibrio Químico: Errores y Dificultades Correspondientes a Libros de Texto, Alumnos y Profesores*", en la cual, analizó los resultados obtenidos en la aplicación de cuatro problemas de selectividad de equilibrio químico, donde encontró que la metodología empleada en la instrucción de la temática, propicia un aprendizaje memorístico, no significativo.

Sendur (2010), analizó el aspecto concerniente a la importancia de indagar sobre las concepciones de los estudiantes, mediante la descripción que realizó de los conceptos erróneos sobre equilibrio químico en estudiantes de grado 11, en tres escuelas de Izmir-Turquía.

Por otro lado, Bermúdez (2011), comparó los niveles de comprensión del equilibrio químico en estudiantes universitarios mediante la utilización de distintas estrategias de enseñanza.

En la ciudad de Thohoyandou (Sudafrica) Marumure (2012), realizó un trabajo de investigación en 18 escuelas, en la que analizó las deficiencias presentadas por los docentes al momento de desarrollar el tema de equilibrio químico.

Goncalves (2012), analizó la estructura conceptual de los estudiantes acerca del equilibrio químico por medio de mapas conceptuales en dos momentos: al inicio de la carrera de química y después de un año de recibir instrucción de diferentes disciplinas relacionadas con el tópico de equilibrio químico.

Posteriormente García-Lopera (2014), realizó una revisión y nuevas contribuciones al estudio de las concepciones erróneas en estudiantes universitarios y de secundaria en relación con la enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico y principio de Le Chatelier, así como las posibles causas de esas concepciones y se dan sugerencias a los docentes.

Otro trabajo desarrollado es el de Bertelle (2014), en el cual se analizaron las discusiones de los estudiantes de primer año de dos carreras universitarias, realizadas en un trabajo de laboratorio sobre el equilibrio químico.

Karpudewan (2015), investigó la comprensión de los conceptos de equilibrio químico en estudiantes de año 12, con el propósito de que a partir de los resultados los docentes tomen acciones para modificar la instrucción de la temática en el aula.

Otros trabajos desarrollados en la enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico presentan propuestas didácticas encaminadas a superar las dificultades citadas anteriormente, algunos de ellos se relacionan a continuación.

Quílez (2002), presentó una propuesta curricular para la enseñanza de la evolución de los sistemas en equilibrio químico que han sido perturbados, para los niveles: preuniversitario, universitario y avanzado,

Raviolo (2006), mostró un análisis sobre el papel de las imágenes y modelos mentales en el aprendizaje del equilibrio químico en estudiantes de primer año de universidad, y relaciona las dificultades que presentan los estudiantes con características comunes de enseñanza.

Por otro lado Raviolo (2007), desarrolló una investigación bibliográfica sobre las analogías propuestas para la enseñanza del equilibrio químico, las dificultades de aprendizaje y las concepciones alternas que se pueden originar a partir de éstas.

Mientras que Rocha (2007), en su tesis doctoral, utilizó la metodología de actividades abiertas en la enseñanza del equilibrio químico y realizó un análisis de su propuesta.

Nuevamente Raviolo (2007), hizo un estudio histórico sobre la evolución del concepto de equilibrio químico, en el cual destaca su importancia en la naturaleza de la ciencia y aporta elementos para el diseño de secuencias didácticas en la enseñanza del tema.

En 2007, Quílez propuso una secuencia de enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico, fundada en el desarrollo histórico epistemológico del tema y da sugerencias para que los docentes lo lleven a la práctica de la clase.

Siguiendo la línea curricular, Huerta (2009), realizó un análisis crítico de los contenidos y propone una secuencia didáctica y metodológica.

Asuaje (2011), efectúo un estudio en el que compara el rendimiento de los estudiantes de primer semestre del 2010, de la asignatura de Química I de la Carrera de Agronomía de la Universidad Centrooccidental Lisandro Alvarado de Venezuela, luego de utilizar el aprendizaje basado en problemas y la enseñanza por descubrimiento guiado en la enseñanza del equilibrio químico.

Pozo (2013), presentó una unidad didáctica sobre equilibrio químico en la que establecía qué, cómo y cuándo enseñar y evaluar el tema.

Para el mismo año, Mena (2013), planteó una estrategia que emplea los mapas conceptuales, los estudios de caso, prácticas experimentales y analogías para la enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico ácido-base.

Y con relación al uso de plataformas informáticas, Santa (2014), utiliza la metodología The Flipped class room y la plataforma Moodle para la enseñanza-aprendizaje de la temática de equilibrio químico.

Mientras que, Narciso-Linares (2015), propuso como recurso de apoyo el uso de los simuladores interactivos como escenario que facilite la interacción con los principios y conceptos más significativos del equilibrio químico.

2.3 Conocimiento disciplinar del equilibrio químico

2.3.1. Concepto de equilibrio químico.

Las reacciones químicas en los sistemas cerrados son reversibles, esto es, los reactivos forman productos y a su vez, los productos originan los reactivos nuevamente, este evento de reversibilidad simultánea en una ecuación química es representado mediante una doble flecha.

$$aA + bB \rightleftarrows cC + dD$$

El sentido de la formación de los productos se le denomina reacción directa y el sentido de formación de los reactivos reacción inversa. Cuando la velocidad de la reacción directa es igual a la velocidad de la reacción inversa se alcanza el estado de equilibrio. El estado de equilibrio no es una condición estática en la reacción, es dinámica, ya que el proceso de reversibilidad ocurre simultáneamente de forma permanente, lo que origina en su momento que la composición (concentración) de la sustancias en la reacción sea constante.

Reconocer un estado de equilibrio es posible al identificar las características macroscópicas de las sustancias que participan en la reacción antes y cuando se alcanza el equilibrio. Para ilustrar esta afirmación se tomará como ejemplo la reacción de descomposición del tetróxido de dinitrógeno (N_2O_4) para formar dióxido de nitrógeno (NO_2).

$$N_2O_{4(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$$
$$N_2O_{4(g)} \leftarrow 2NO_{2(g)}$$

En la reacción directa se produce un gas café (evidencia de la formación de NO_2) y en la inversa un gas incoloro (indicador de la presencia de N_2O_4). Cuando las reacciones alcanzan el equilibrio el sistema toma una coloración café oscuro que no varía en el tiempo, en este momento las propiedades macroscópicas se mantienen, aunque los procesos a nivel microscópico continúen (Figura 1). Aquí, el sistema cerrado presenta una reacción de descomposición y de formación, que al igualarse la velocidad de reacción en ambos sentidos (directa e inversa), alcanza

el equilibrio. En este momento las propiedades macroscópicas se mantienen (no se evidencia un cambio de coloración del sistema) aunque los procesos microscópicos permanezcan.

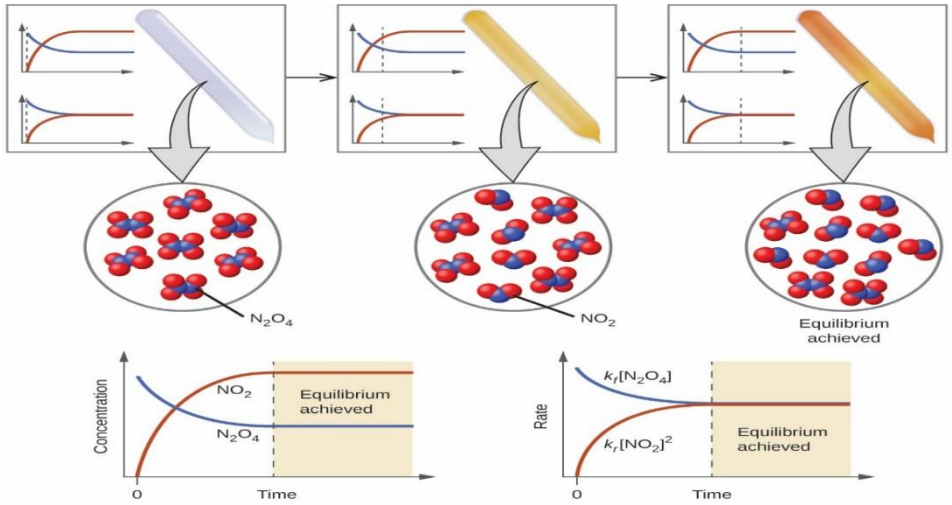

Figura 1. Representación microscópica del sistema NO_2-N_2O_4 junto con las gráficas que muestran la concentración de las sustancias y las velocidades de las reacciones directa e inversa en equilibrio. http://philschatz.com/chemistry-book/contents/m51108.html

En las reacciones químicas el equilibrio se identifica cuando las velocidades directa e inversa se igualan y la composición (concentración) de las sustancias en la reacción es constante.

2.3.2 Constante de equilibrio.

Al tomar datos experimentales para el sistema NO_2-N_2O_4 (presentado en el ejemplo de equilibrio), en el cual se registran las concentraciones iniciales y en equilibrio de las sustancias en el sistema (Tabla 1), se puede observar que las concentraciones en equilibrio de NO_2 y N_2O_4 dependen de las concentraciones iniciales.

Tabla 1. Equilibrio NO_2-N_2O_4 a 25°C. *Chang, R. 2013.pag 626.*

Concentraciones iniciales (M)		Concentraciones en equilibrio (M)		Relación de las concentraciones en equilibrio	
$[NO_2]$	$[N_2O_4]$	$[NO_2]$	$[N_2O_4]$	$\frac{[NO_2]}{[N_2O_4]}$	$\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$
0,000	0,670	0,0547	0,643	0,0851	4,65 x 10^{-3}
0,0500	0,446	0,0457	0,448	0,102	4,66 x 10^{-3}
0,0300	0,500	0,0475	0,491	0,0967	4,60 x 10^{-3}
0,0400	0,600	0,0523	0,594	0,0880	4,60 x 10^{-3}
0,200	0,000	0,0204	0,0898	0,227	4,63 x 10^{-3}

Si a partir de los valores de la concentración en equilibrio se establecen relaciones de proporción entre el NO_2 y el N_2O_4, una de las relaciones de proporción $[NO_2]^2/\ [N_2O_4]$ en equilibrio da una constante que en promedio es de 4,63X10^{-3}

$$K = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \qquad (2.1)$$

Donde K es una constante y el exponente 2, corresponde al coeficiente estequiométrico dentro de la ecuación para NO_2 en la reacción reversible (ver ecuación química del sistema $N_2O_{4(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$)

Este evento se puede aplicar para las reacciones en equilibrio, de la siguiente manera:

Si $$aA + bB \rightleftarrows cC + dD$$

En donde a, b, c y d son los coeficientes estequiométricos para A, B, C y D respectivamente en la ecuación balanceada.

Entonces $$K = \frac{[C]^c\ [D]^d}{[A]^a\ [B]^b} \qquad (2.2)$$

Donde K es la constante de equilibrio, y corresponde a la expresión matemática de la Ley de acción de masas, propuesta por los químicos Peter Waage y Cato Guldberg en 1864, la cual enuncia que "*a temperatura constante, en una reacción reversible en equilibrio, una relación determinada de*

concentraciones de reactivos y productos tiene un valor constante K (la constante de equilibrio)" (Chang & Goldsby, 2013).

La escritura de la expresión de la constante de equilibrio se realiza en términos de las concentraciones de los reactivos y de los productos, y depende de la fase en la que se encuentren las sustancias que participan en la reacción en equilibrio. Si en la reacción participan sustancias que se encuentre en fase líquida o sólida, el valor de la concentración de éstas no se incluye en la expresión de la constante de equilibrio, esto debido a que no tiene cambios significativos durante el sistema en equilibrio y termodinámicamente la actividad es 1. Con respecto a las unidades de la constante, no se contemplan en la expresión, ya que se establece una relación de proporcionalidad entre las concentraciones, lo que elimina las unidades.

En cuanto a la magnitud de la constante de equilibrio, ésta informa el sentido que se favorece energéticamente dentro de la reacción; si el valor de la constante es mayor a 1, indica que el sistema en equilibrio favorece la formación de los productos, mientras que si su valor es menor a 1, muestra su preferencia en la formación de los reactantes. Finalmente, el valor de la constante de equilibrio cambia con la temperatura del sistema, por lo que para cada temperatura corresponde una constante.

2.3.3 Cociente de la reacción (Q).

Reconocer el estado de una reacción reversible es posible por medio del cociente de la reacción (Q), esta magnitud es posible averiguarla a través de una expresión matemática similar a la de la constante de equilibrio

$$Q = \frac{[C]^c\ [D]^d}{[A]^a\ [B]^b} \qquad (2.3)$$

La diferencia con la expresión de la constante de equilibrio es que las concentraciones de las sustancias presentes en el sistema no corresponden a las

concentraciones en equilibrio, por lo que a partir del valor de Q es posible determinar el estado y evolución del sistema cuando se compara con el valor de la constante (K). Si Q es menor que K, la reacción evoluciona hacia la derecha (reacción directa) hasta alcanzar el equilibrio; si Q es mayor que K, la reacción progresa hacia la izquierda (reacción inversa) para lograr el equilibrio. Cuando la magnitud de Q es igual a K se establece que la reacción se encuentra en equilibrio.

2.3.4 La energía libre y el equilibrio químico.

Toda reacción química tiene un cambio energético denominado energía libre de Gibbs (ΔG), que resulta de la diferencia entre la energía libre de los productos y la energía libre de los reactivos.

$$\Delta G = G_{productos} - G_{reactivos} \quad (2.4)$$

El cambio energético de una reacción (ΔG) determina la espontaneidad de la misma. Si ΔG < 0 la reacción ocurre de forma espontánea en el sentido de formación de productos, mientras que si ΔG > 0 la reacción no es espontánea con respecto a la formación de los productos.

Cuando ΔG se determina con sustancias puras con una concentración 1 molar, a 1 atmósfera de presión y a 298 K, se denomina energía libre estándar y se expresa por ΔG° (McMurry, 2012); estas condiciones estándar en una reacción duran un instante, debido a que a medida que ocurre la reacción la concentración de los reactivos varía, por lo tanto, la energía libre que se determina es ΔG en lugar de ΔG°. Tanto ΔG como ΔG° se pueden relacionar por medio de la siguiente expresión

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \,.\, \ln Q \quad (2.5)$$

En la que: ΔG es la energía libre en condiciones no estándar, ΔG° es la energía libre de Gibbs estándar, R la constante de los gases ideales expresada en términos

de energía(8,314 J/K.mol), T la temperatura en grados Kelvin y Q el cociente de reacción en función de las presiones parciales.

La energía libre representa una medida de la estabilidad del sistema, si ΔG es alta el sistema es inestable, si ΔG es baja es sistema es más estable. En las reacciones reversibles se puede establecer una relación entre la energía libre y el equilibrio; a medida que la reacción avanza hacia el equilibrio ΔG disminuye, y a medida que se aparta del equilibrio aumenta ΔG (Campbell & Reece, 2005).

Para un sistema en equilibrio ΔG=0 y Q=K (constante de equilibrio), por lo tanto, para un sistema gaseoso en equilibrio si se toma la ecuación 3.4

$$0 = \Delta G° + RT \,.\ln K \quad (2.6)$$

Al despejar ΔG°

$$\Delta G° = -RT \ln K \quad (2.7)$$

Y si se tiene el valor de ΔG°, la relación entre la energía libre y la constante quedaría:

$$K = e^{-\frac{\Delta G°}{RT}} \quad (2.8)$$

La ecuación 3.7 permite determinar el valor de la constante de equilibrio (K) a una temperatura determinada.

También es posible establecer una relación entre el cociente de la reacción (Q) y ΔG así:

$$\Delta G = \Delta G° + RTlnQ \ (2.9)$$

Si $\Delta G = -RTlnK$ entonces

$$\Delta G = -RTlnK + RTlnQ \ (2.10)$$

Por lo tanto

$$\Delta G = RTLn\,(\frac{Q}{K}) \quad (2.11)$$

Los valores de ΔG permiten establecer el sentido de la reacción que se favorece para alcanzar el equilibrio:

si $\Delta G < 0 \quad Q < K$ el proceso favorece la formación de productos

si $\Delta G > 0 \quad Q > K$ el proceso favorece la formación de reactivos.

2.3.5 Factores que modifican el equilibrio químico.

Cualquier cambio en las condiciones experimentales de la reacción en equilibrio puede modificar el balance y desplazar la posición de equilibrio. Estos cambios pueden producirse por acción de la temperatura, la concentración de las sustancias, la presión del sistema y el volumen. Una vez el sistema haya recibido la perturbación en el equilibrio, éste lo asume ajustándose de tal manera que se cancele parcialmente la perturbación hasta que el sistema nuevamente alcance una nueva posición de equilibrio, esta regla se conoce como el principio de Le Chatelier.

2.3.5.1 Aumento o disminución de la concentración de las sustancias en la reacción.

En una reacción en equilibrio, cuando se perturba el sistema por la adición de una de las sustancias (reactivos o productos), este evento es contrarrestado desplazando la reacción en el sentido en el que sea consumida parte de la sustancia agregada; mientras que si se elimina una de las especies el sistema, este se mueve en el sentido en el cual se restablezca parte de la sustancia eliminada. Es así como para el sistema NO_2-N_2O_4, citado anteriormente ($N_2O_{4(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$), si se adiciona N_2O_4 la reacción se dirigirá en el sentido directo(derecha de la reacción) para formar NO_2 y así consumir parte del N_2O_4 agregado; o la reacción se desplazará hacia la izquierda (sentido inverso) si se adiciona NO_2 para contrarrestar la perturbación y alcanzar de nuevo el equilibrio. Pero, si el evento es la eliminación de N_2O_4 la reacción se dirige a la izquierda (sentido inverso) con el fin de aumentar la concentración de N_2O_4, o si se elimina NO_2, la reacción progresa a la derecha para recuperar parte del NO_2 eliminado.

2.3.5.2 Cambios en la temperatura del sistema.

Cuando una reacción equilibrio tiene un incremento en la temperatura la reacción se desplaza en el sentido en el que tenga lugar la reacción endotérmica, de tal manera que se absorba el calor y en consecuencia disminuya la temperatura. Si se retoma el ejemplo del sistema NO_2-N_2O_4:

$$N_2O_{4(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)} \quad \Delta H° = +57{,}2\ Kj$$

se establece que un aumento en la temperatura del sistema desplaza la reacción en el sentido de la formación de NO_2 ya que en esa dirección la reacción absorbe calor.

Como la temperatura tiene un efecto en las condiciones de un sistema en equilibrio, también interviene en el valor de la constante de equilibrio, ya que para cada temperatura le corresponde una constante, esta relación se expresa en la ecuación de Vant Hoff:

$$\ln\frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H°}{R}\left[\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right] \qquad (2.12)$$

en la que K_2 y K_1 corresponden a las constantes de equilibrio a T_2 y T_1 respectivamente, ΔH° es la entalpía estándar de la reacción directa y R es la constante de los gases (8,31J/mol.K) (Masterton, Hurley, & Neth, 2012).

2.3.5.3 Cambios en la presión y el volumen del sistema.

Los sistemas gaseosos en equilibrio pueden tener cambios en la presión total y por ende en el volumen: si al disminuir el volumen del sistema aumenta la presión, la reacción asimila el cambio desplazándose en sentido que disminuya el número total de moles de gas; mientras que si al aumentar el volumen disminuye la presión, la reacción progresa en el sentido que aumenta el número total de moles de gas. En el caso del sistema $N_2O_{4(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$, la reacción transcurriría en el sentido de la formación de N_2O_4 ya que esto disminuye el número total de moles.

2.4 El enfoque histórico-epistemológico en la enseñanza de la química

La búsqueda continua de estrategias pedagógicas que contribuyan a la formación de los individuos y a superar dificultades que estos tengan en la aprehensión correcta del conocimiento, ha generado que se realice un análisis del papel del estudio de la historia en la construcción del mismo.

Para entender un poco más la importancia que puede representar el aprendizaje de la química desde un enfoque histórico-epistemológico, es necesario recordar que el objeto de aprendizaje de una ciencia, es que se de un entendimiento significativo y consciente de ciertos saberes por parte de quien recibe la instrucción. Para ello, se deben adoptar diferentes enfoques con variados contextos y diferentes perspectivas, lo cual permite desarrollar en el estudiante un pensamiento flexible y un aprendizaje a largo plazo y significativo (Langer, 1989).

Es así como, el estudio histórico-epistemológico de la química puede contribuir al aprendizaje significativo y consciente, toda vez que, enseña a los estudiantes acerca de la naturaleza de la ciencia, permite a los profesores explotar el paralelismo entre el desarrollo del conocimiento y el desarrollo histórico de éste, mejora el pensamiento crítico de los estudiantes y finalmente, permite a los docentes organizar coherentemente el contenido de una temática a la vez que facilita la integración transversal del conocimiento (Wandersee & Baudoin, 2003). En el mismo sentido Quílez (2002), afirma que una visión histórica, aproxima al estudiante a la naturaleza del conocimiento científico en cuanto a los problemas planteados, los marcos teóricos que los sustentan, la interpretación de las evidencias experimentales, la evolución y cambio de los conceptos a través del tiempo y el contexto social y económico en el que se construyen los conceptos científicos.

El acercamiento histórico de la ciencia en especial de la química puede mejorar las actitudes de los estudiantes hacia esta y la comprensión de su funcionamiento (Raviolo A. , 2007), ya que el estudio de la construcción de la ciencia a través de la historia deja ver que el conocimiento científico es el resultado de investigaciones que son validadas o refutadas de acuerdo a los éxitos y fracasos

que se tengan en estas, y son fruto de un trabajo colectivo. De igual manera conocer los contextos en los cuales se dieron los conceptos científicos abre la puerta para que los estudiantes reconozcan la naturaleza de la ciencia, su evolución y las consecuencias sociales que acarrean en su formación (Quintanilla, Izquierdo Aymerich, & Agustin., 2007) lo que permite que los educandos encuentren el sentido y valor de la ciencia.

Un punto de vista que permite establecer la importancia del enfoque histórico-epistemológico en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la química es, analizar la idea de la formación en ciencia como una serie de conceptos expuestos, sin tener en cuenta los problemas y modelos históricos que dieron paso a su formación. Un ejemplo de ello, ocurre en los textos de química al tratar el tema de equilibrio químico sin citar los problemas que dieron origen a la introducción de este concepto. Lo anterior, deja de lado que los conocimientos científicos son teorías que surgen de unas hipótesis cuya finalidad era resolver los problemas que se plantearon en un momento histórico (Furió-Mas, Furió-Gomez, & Solbes-Matarredona, 2012).

Otro aspecto lo muestra Quílez (2004), cuando resalta que el conocimiento histórico de la química puede contribuir a que los docentes comprendan las dificultades y concepciones alternativas de los estudiantes frente a ciertas temáticas, ya que existen similitudes entre las concepciones de estos con las de los primeros científicos (Leite, 2002). Por lo tanto los educadores, a partir del reconocimiento de las dificultades de los estudiantes pueden establecer estrategias didácticas que se cimienten en la construcción histórico-epistemológica de los conceptos, para así contribuir a la reestructuración conceptual en los estudiantes.

Con respecto a la importancia del enfoque histórico-epistemológico en la enseñanza del equilibrio químico, esta se puede resumir en tres aspectos; primero, la historia puede ser el fundamento para la introducción del concepto si se utiliza una secuencia de aprendizaje adecuada; segundo, contribuye a que el docente cuestione las ideas de los estudiantes con respecto a que las reacciones químicas ocurren en un solo sentido y de forma completa (Quílez J. , 2002); y tercero, le da una visión al educador de las concepciones de los estudiantes y de la importancia

de replicar el trabajo experimental realizado en el siglo XIX (Quílez J. , 2007), ya que puede representar la base para el cuestionamiento y el cambio conceptual de los estudiantes.

2.5 Trabajo práctico y enseñanza de la química

La experimentación es un pilar fundamental en la construcción del conocimiento de la química, ya que dio paso al desarrollo científico por medio de la interpretación del mundo a través de la experiencia. Desde la didáctica, el trabajo experimental cobra importancia ya que permite en los estudiantes establecer una relación entre el mundo que les rodea y los conceptos construidos a lo largo de la historia (Chamizo J. A., 2009). Esto ocurre, debido a que la experimentación representa un elemento que motiva al estudiante al aprendizaje de la química, promueve la comprensión de conceptos, desarrolla habilidades en el manejo de instrumentos y técnicas, permite una aproximación a la indagación científica y proporciona un medio para el desarrollo de actitudes científicas y de trabajo en equipo (Nieto & Chamizo, 2013).

Al cumplir la experimentación un papel importante dentro del aprendizaje de las ciencias y en especial de la química, establecer estrategias que la involucren dentro del aula de clase sin necesidad de acudir a un laboratorio es una alternativa didáctica para alcanzar los objetivos de la ciencia. Una manera de incluir en el aula de clase la experimentación es por medio de trabajo experimental a menor escala, este tipo de experimentos emplea materiales de fácil consecución como goteros, jeringas, recipientes plásticos entre otros, que junto con pequeñas cantidades de reactivos, son de fácil manejo para los estudiantes. Estos experimentos son organizados en cajas (kit), con el fin de ser utilizados por los estudiantes dentro del salón de clase, lo que permite integrar la experimentación con otras actividades. Las cajas experimentales, al tratarse de un trabajo práctico a menor escala, son de utilidad en la enseñanza ya que minimizan costos, ahorran tiempo (Keshavarz & Malekzade, 2015) y son amigables con el ambiente al reducir la cantidad de desechos. Otras bondades de desarrollar experimentos a menor escala a través de las cajas son: permite a los docentes repetir las experiencias,

optimiza el tiempo de clase ya que permite hacer conferencias por parte del profesor así como realizar actividades experimentales sobre un concepto dentro de la misma clase, y reduce los riesgos de seguridad como resultado de la disminución de las cantidades de reactivos empleadas en los experimentos.

Para terminar, el trabajo práctico desarrollado por medio de actividades experimentales a menor escala propicia un cambio en la manera en la que se utilizan las sustancias, fomenta la creatividad en el diseño de los materiales empleados, promueve la observación detallada por parte de los alumnos, favorece el uso de reactivos y solventes alternos, además de que los experimentos se pueden percibir con igual nitidez y precisión que cuando se desarrollan a mayor escala (Nieto C, García G, & González M, 2013).´

3. Marco histórico-epistemológico del equilibrio químico

El desarrollo histórico-epistemológico de los sistemas en equilibrio está directamente ligado al concepto de reacción química (Quílez, 2002), y por ende al de afinidad química, por lo tanto partiremos del concepto de afinidad química para llegar al de equilibrio químico.

La primera idea de afinidad química tiene una visión antropomórfica, ya que atribuye a la simpatía o a la enemistad la interacción entre las sustancias. Posteriormente, Alberto Magno en el siglo XIII, otorgó a la reactividad entre sustancias el atributo de la afinidad, para ese momento se establecía que entre mayor afinidad hay entre dos sustancias mayor es la tendencia a reaccionar entre ellas (Quílez J. , 2006).

A principios del siglo XVIII con una mirada mecanicista, en su obra *Óptica*, Newton afirma que los cuerpos están formados por partículas que se encuentran unidas entre sí por fuerzas análogas a las fuerzas gravitatorias (Estani & Izquierdo, 1990), fuerzas que tenían diferente magnitud de acuerdo a el tipo de sustancia, y que podían ser comparadas cuando se daban las reacciones químicas. Este hecho llevó a la idea de la posibilidad de ser medidas dichas fuerzas. Estas fuerzas son las afinidades que citaba Alberto Magno.

El siglo XVIII representa una etapa de la historia donde los científicos propenden por la sistematización de la información por medio de tablas y el establecimiento de leyes por inducción. Es así como, a partir de las investigaciones de los químicos de la *Acadèmie des Sciences* y el conocimiento experimental de los boticarios y los metalúrgicos de la época, Geoffroy en 1718 presentó la primera tabla de afinidades (Bertomeu & García, 2006). La tabla de Geoffroy (Figura 2) contaba con 16 columnas en las que se ubicaban las sustancias en orden descendente de afinidad por la sustancia localizada en la primera fila de cada una de las columnas (Bertomeu & García, 2006). Esto llevó a que, a finales de siglo,

la noción de afinidad estuviera consolidada para dar explicación a ciertas reacciones químicas.

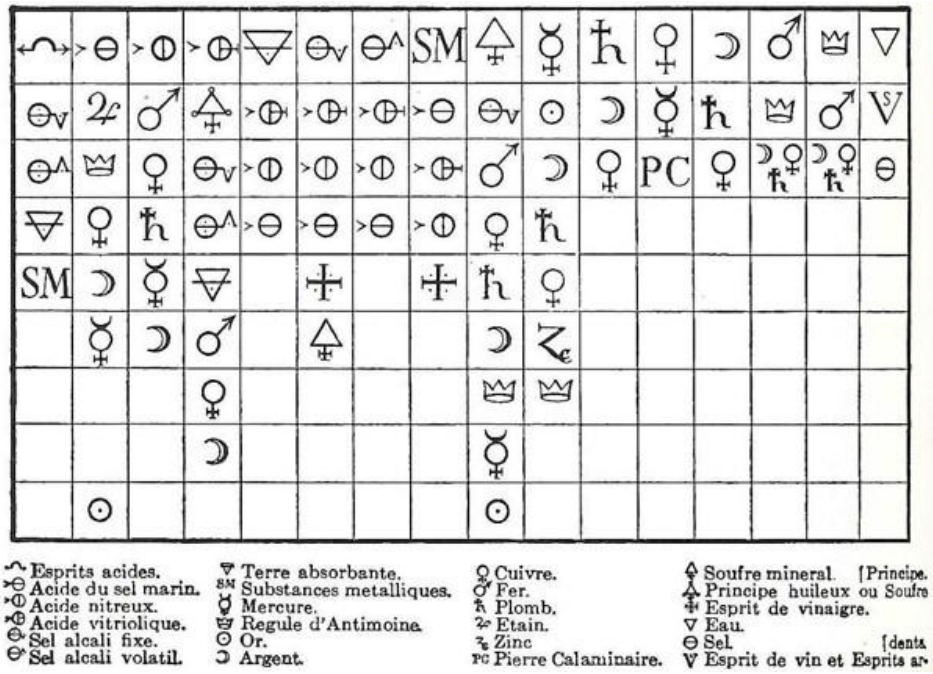

Figura 2. Table des differents rapports observés entre differentes substances. https://culturacientifica.com/2013/10/22/pensando-la-quimica-matematicamente/

Conforme a estudios posteriores, Berthollet introdujo el factor masa de los reactivos, y determinó que se da una afinidad química entre sustancias que reaccionan, correspondiente a una fuerza análoga a la fuerza gravitatoria, ya que sería directamente proporcional a la masa de las sustancias reaccionantes (Quílez, 2002).

A principios del siglo XIX, luego de una serie de hechos experimentales se reformulan las ideas de Berthollet por parte de Gulberg y Waage. Estos científicos, centraron sus esfuerzos por encontrar la naturaleza de la afinidad química, por lo que establecieron que era el resultado de una fuerza química producto de las masas activas de los reactantes. Esta mirada, la aplicaron a las reacciones incompletas (reversibles), para lo cual establecieron que las fuerzas químicas de las reacciones incompletas son proporcionales al producto de las masas activas de los reactantes y el estado de equilibrio se da como resultado de una igualdad entre fuerzas ejercidas por las reacciones opuestas, esto lo particularizaron con la ley de

acción de masas (modelo matemático de la constante de equilibrio). Posteriormente a finales del Siglo XIX, Van`t Hoff abandona la idea de fuerza química para explicar el equilibrio químico y le da una interpretación bajo el análisis cinético. Para Van`t Hoff, en un proceso reversible, a una determinada temperatura, el equilibrio químico se alcanza cuando la velocidad directa y la velocidad inversa son iguales. A partir de esa mirada, estableció una expresión de la constante de equilibrio como una relación de las constantes de velocidad (Laidler, 1995).

A partir de los trabajos de Gulberg y Waage, también a finales del Siglo XIX, M. Berthelot y Thomsen propusieron que una medida de la afinidad podía ser el calor de reacción. Lo anterior, como resultado del trabajo realizado por las fuerzas químicas en la reacción. Debido a esto, surge el principio del trabajo máximo, a partir del cual las reacciones espontáneas liberan calor y el estado de equilibrio se produce cuando el potencial de las fuerzas químicas ha alcanzado su valor mínimo (Bustos, 2008).

Posteriormente, Van`t Hoff demostró que la Ley de acción de masas, coincidía con el principio de trabajo máximo cuando las reacciones se efectuaban en el cero absoluto. A la misma conclusión llegó Josiah Williard Gibbs entre 1873 y 1878, pero sobre la base de lo que él llamó potenciales termodinámicos. Con ello, Gibbs introduce la energía libre de Gibbs (ΔG), como una función que da la condición de equilibrio y de espontaneidad de una reacción. Para Gibbs un proceso en equilibrio a una temperatura y presión contantes tendrá un valor de $G=0$ (Rocha A. , 2007).

Las ideas de Van`t Hoff y Gibbs están vigentes en el Siglo XXI gracias a la mirada termodinámica de los procesos en equilibrio, sin embargo, no se desconoce el estudio detallado de las reacciones químicas orgánicas que se ha realizado en el Siglo XX y principios del XXI que involucran sistemas en equilibrio.

4. Diseño metodológico

4.1 Contexto educativo y población

El Liceo Colombia forma parte de un sistema de nueve instituciones educativas al servicio de las familias de oficiales, suboficiales, militares en retiro y civiles al servicio del Ejército Nacional de Colombia. Se encuentra ubicado en la Calle 138 No 54c-40, en el Sector de Colina Campestre en la Localidad de Suba de la ciudad de Bogotá, con estratificación socioeconómica 3 y 4. Es una institución pública de régimen especial de acuerdo con la Resolución No 6500 de agosto de 1994 del Ministerio de Educación Nacional.

La institución sigue el modelo de gestión de calidad EFQM (European Foundation for Quality Managment) del cual es certificado en el nivel "Reconocido por la Excelencia tres estrellas" (2016), por medio del cual gerencia todos los procesos académicos y administrativos.

La población es mixta con un número de 454 estudiantes, distribuida en educación básica primaria, básica secundaria y media vocacional en el 2016, de los cuales 30 estudiantes corresponden al grado undécimo con edades entre los 16 y 17 años.

4.2 Tipo de investigación.

Para establecer las directrices que guían la investigación y de acuerdo con los propósitos del proyecto plasmados en los objetivos, se estableció que la investigación-acción permite realizar una reflexión en cuanto a la práctica docente y a partir de ello establecer planes que introduzcan mejoras en el quehacer pedagógico.

La investigación-acción surge en la década de los 40 con los trabajos llevados a cabo por el psicólogo Kurt Lewin. Estos trabajos tenían como propósito resolver problemas prácticos y urgentes, en los cuales el investigador es un agente de cambio que trabaja en colaboración directa con las personas a quienes estaba destinada la propuesta de intervención (Suárez, 2002).

En la práctica pedagógica, la investigación-acción estudia la situación educativa para mejorarla, esto lo hace por medio de la exploración de la práctica educativa en los escenarios reales del aula, en los cuales se investigan acciones y eventos que son problema, que están implicados los docentes, y que pueden modificarse por medio de una respuesta (Elliot, 1978).

La elección de la investigación-acción para el seguimiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico bajo el enfoque histórico-epistemológico en estudiantes del Liceo Colombia, radica en que su propósito es entender y mejorar la calidad del proceso educativo como se cita en (Hine, 2013, pág. 152), en donde se investigan las acciones y situaciones problémicas de origen pedagógico y didáctico (Elliott, 1978), las cuales son modificadas mediante acciones concretas. Por otro lado, la investigación-acción desarrolla nuevos conocimientos sobre el trabajo de aula en el docente, así como promueve el pensamiento reflexivo, refuerza el vínculo entre la práctica y el logro del estudiante (Hensen, 1996). Lo anterior, provee a los maestros de las destrezas, conocimientos y enfoques necesarios para desarrollar investigaciones significativas que mejoren la práctica docente (Hine, 2013), y se reflejen en la mejora del rendimiento de los estudiantes.

Para esto, se comienza con una problemática, que en el caso particular corresponde a las interpretaciones alternativas que pueden llegar a tener los estudiantes sobre el equilibrio químico debido al no entendimiento y la falta de relación entre los niveles de interpretación macroscópico y microscópico como producto de un proceso de instrucción inapropiado. A partir de ello, se realizó una planificación de la estrategia de aprendizaje que se desarrolló con los estudiantes de grado undécimo del Liceo Colombia, producto del análisis de la población a la que se le aplica la estrategia y la revisión bibliográfica sobre el desarrollo histórico-epistemológico y la didáctica del equilibrio químico, posteriormente, se implementó la estrategia para finalmente, hacer un registro y un análisis reflexivo de la efectividad de esta.

4.2.1 Fases de la investigación.

A partir de los componentes básicos que constituyen la investigación-acción se establecieron como fases de la investigación: la planificación, la acción, la observación y la reflexión. La figura 3 muestra un esquema del diseño metodológico que dirigió la investigación.

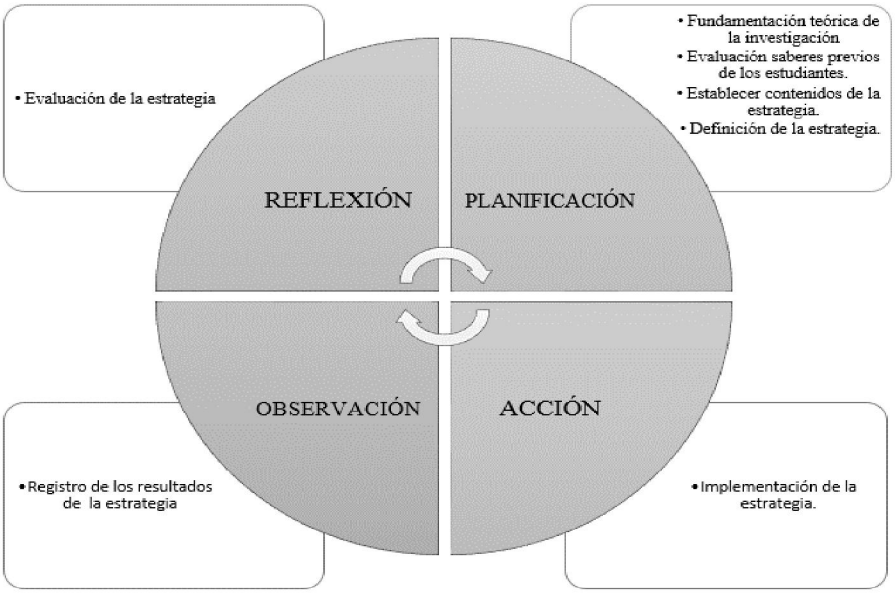

Figura 3. Esquema que representa el diseño de la metodología según los componentes de la investigación acción.

La figura 3 representa un ciclo, toda vez que conforme a la investigación-acción este es un proceso cíclico, en el que, una vez se realice la reflexión, se plantean ajustes que pueden llevar a un nuevo inicio a partir de los resultados. Para efectos de esta investigación, solo se llega a la etapa de reflexión. Las nuevas estrategias que surjan del análisis de los resultados de este proyecto no son objeto de esta investigación.

4.2.1.1 Planificación.

Corresponde a cada una de las actividades establecidas para determinar los elementos que debe tener la estrategia de enseñanza-aprendizaje, dentro de las cuales están: la recopilación y fundamentación teórica de la investigación, la evaluación de saberes previos de los estudiantes, establecer los contenidos que se desarrollan dentro de la estrategia y la definición de la estrategia.

En la primera parte de la planificación, se realiza una exploración de los trabajos desarrollados en didáctica de la enseñanza del equilibrio químico, con el fin de establecer la importancia que implica su estudio y el establecimiento de nuevas estrategias para el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como también se efectúa una revisión de los marcos teóricos que sustentan los enfoques en cada estrategia. A partir de lo anterior, se determina seguir el enfoque histórico-epistemológico de la ciencia para establecer la estrategia de aprendizaje.

4.2.1.1.1. Reconocer los conocimientos previos. Uno de los objetivos planteados en el proyecto y que forma parte de la planificación, es la de reconocer los conocimientos previos. Con el fin de establecer si los estudiantes cuentan con los prerrequisitos para comprender el equilibrio químico o si utilizan el conocimiento previo inapropiadamente (Quílez J. , 2009), se aplicó el test de proposiciones rediseñado y validado por por Ravíolo, Baumgartner, Lastres y Torres (2001) a partir del test diseñado Hackling y Garnett (1985). Este test cuestiona a los estudiantes en lo que corresponde a: "*acercamiento al equilibrio, características del equilibrio, cambio en la concentración de un reactivo, cambio de la temperatura del sistema, cambio del volumen del sistema y adición de un catalizador al sistema en equilibrio*" (Ravíolo, Baumgartner, Lastres, & Torres, 2001); además de proporcionar elementos que permiten evaluar los saberes previos de los estudiantes en lo que corresponde a cinética química, reacción química y estequiometria de las reacciones. En este sentido, de igual manera, se tomó el test de Raviolo (2001) como parámetro de comparación para establecer si los estudiantes alcanzaron un avance en el aprendizaje del equilibro químico, ya que se aplicó antes y después del desarrollo de la estrategia de aprendizaje planteada.

4.2.1.1.2. Determinación de los contenidos de la estrategia de aprendizaje. Para la determinación de los contenidos de la estrategia de aprendizaje, se tuvo como punto de partida el estudio de las temáticas que se deben trabajar dentro del concepto de equilibrio químico, a la luz del artículo 78 de la Ley 115 de 1994 del Ministerio de Educación Nacional, el cual establece los "lineamientos curriculares" (2016), ya que representan las orientaciones epistemológicas, pedagógicas y curriculares que sirven como fundamentación para la planeación de las áreas. De igual manera, se contemplaron los estándares de competencias básicas en ciencias (2004), como referentes sobre lo que deben aprender los estudiantes y las competencias que deben adquirir y por último, se realizó una revisión de artículos relacionados con la evolución histórica del equilibrio químico y las concepciones alternativas sobre el equilibrio químico en los estudiantes (Raviolo (2003) (2005) (2007); Gonzalez (2009); Quílez ; Bertelle (2014); Sendur (2010); Karpudewan (2015)).

4.2.1.1.3. Diseño de la estrategia de enseñanza-aprendizaje. La estrategia definida para la enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico en estudiantes de grado undécimo del Liceo Colombia, estuvo formada por tres sesiones, cada una de ellas dividida en dos momentos uno de carácter experimental y el otro de análisis y consolidación de contenidos. La parte experimental está configurada en tres guías desarrolladas a partir de los conceptos de reacción completa, reacción incompleta y reversibilidad de una reacción, validadas previamente a su aplicación. Las guías fueron basadas en el material propuesto por Ghirardi, Marchetti, Pettinari, Regis y Rolettos (2014) e incluyen un aparte de desarrollo histórico-epistemológico del conocimiento, que sirve de base para el análisis que hacen los estudiantes en la parte experimental e involucra micro-experimentos en cajas didácticas sobre equilibrio desarrollados a través de la historia.

4.2.1.2 Acción-observación (aplicación de la estrategia).

Considerada como una variación cuidadosa y reflexiva de la práctica (Kemmis & McTaggart, 1992), en este momento, luego de realizar un análisis del quehacer pedagógico, se coloca en práctica la estrategia de enseñanza-aprendizaje

establecida en la planeación. La estrategia está formada por tres sesiones, cada sesión fue desarrollada durante dos horas de clase de cuarenta y cinco minutos cada una, con dos horas adicionales de análisis y consolidación de contenidos.

Paralelamente, se realizó un registro detallado de la ejecución de la acción, por medio de los documentos desarrollados por los estudiantes en la clase y las notas del diario del docente, con el fin de determinar el impacto de la estrategia.

4.2.1.3 Reflexión.

Se efectúo el análisis e interpretación de la información recolectada para obtener evidencias de los efectos de la acción. Lo anterior para reconocer el impacto y la efectividad de la estrategia de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes, por medio de la comparación de los resultados proporcionados por la aplicación del instrumento antes y después de la intervención.

5. Resultados y Discusión.

Como elemento importante para establecer el cumplimiento de los objetivos planteados dentro del proyecto, este aparte del trabajo presenta los resultados con respecto a: la evaluación de saberes previos (objetivo 1.3.2.1), la determinación de los contenidos de la estrategia de aprendizaje (objetivos 1.3.2.2 y 1.3.2.3), diseño y aplicación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje (objetivo 1.3.2.4) y evaluación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje (objetivo 1.3.2.5). Posteriormente, una vez se exponen los resultados se da paso a la discusión que se desprende de cada uno de ellos.

5.1. Resultados.

5.1.1. Reconocimiento de los conocimientos previos.

Para reconocer los conocimientos previos de los estudiantes se utilizó el test de proposiciones de Ravíolo, Baumgartner, Lastres y Torres (2001)(Anexo A), el cual evalúa aspectos como: la concentración de los reactantes en un sistema en equilibrio (proposiciones 8.2, 8.3, 9.1, 9.2, 9.3 y 9.4), relación entre la concentración y la velocidad de la reacción (proposiciones 10.1 y 10.2), la temperatura y la velocidad de la reacción (proposiciones 15.1,15.2 y 15.3), presión y la velocidad de la reacción(proposiciones 21.1, 21.2 y 21.3) y la adición de un catalizador y la velocidad de la reacción(proposiciones 24.1 y 24.2). Los aspectos mencionados, dan información sobre los conocimientos de los estudiantes con respecto a la cinética química, reacción química y estequiometria de las reacciones (objetivo 2.3.2.1). El test empleado tuvo un doble propósito, en primer lugar el de reconocer los conocimientos previos de los estudiantes y en segundo lugar, el de servir como instrumento de análisis del cambio conceptual de los estudiantes y de la efectividad de la estrategia al ser aplicado antes (pretest) y después de la estrategia (pos-test) como se verá más adelante en 6.1.4.

5.1.1.1 Cinética de las reacciones.

5.1.1.1.1. Relación entre la concentración de los reactantes y la velocidad de la reacción. En la proposición 10.1 el 83,3% de los estudiantes establecieron un interpretación correcta entre la relación concentración de los reactivos vs velocidad de la reacción, mientras que el 16,6% no lo hicieron. Por otra parte, en la pregunta 10.2 se observa una proporción 50/50 entre los estudiantes que interpretaron correctamente la relación concentración de los reactivos vs velocidad de la reacción (Gráfico 1). Con los resultados de estos dos ítems se puede afirmar que los estudiantes aunque tienen claro que existe una relación directa entre la concentración de un reactivo y la velocidad de la reacción (10.1), cuando se les cuestiona sobre el mismo evento pero en la reacción inversa, se evidencia falta de claridad (10.2).

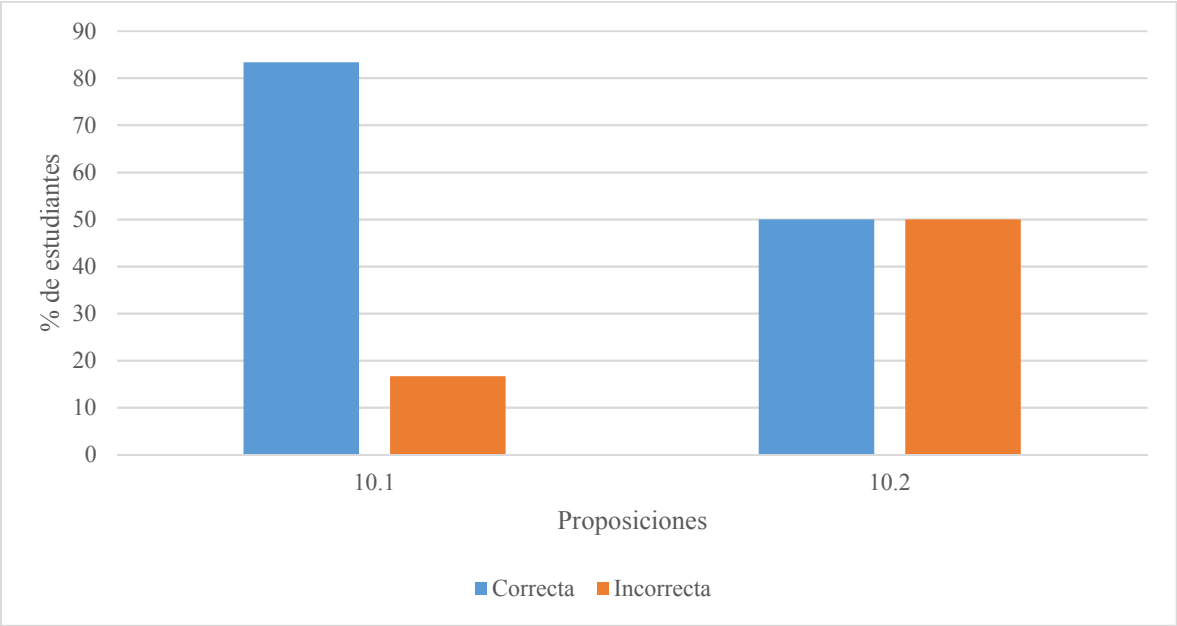

Gráfico 1. Interpretación en porcentaje de los estudiantes que establecieron la relación entre la concentración de un reactivo y la velocidad de la reacción.

5.1.1.1.2. Relación entre la temperatura y la velocidad de la reacción. En el gráfico 2, se observa que el porcentaje de estudiantes que respondieron la proposición 15.1 el 96,6% se equivocaron con respecto al 3,33% que contestaron correctamente; para la proposición 15.2 el 33,3% acertaron en la respuesta, mientras que el 66,6% respondieron incorrectamente; y finalmente en la

proposición 15.3, el 16,6% de los estudiantes establecieron acertadamente la relación entre la temperatura y la velocidad de la reacción, así como el 83,3% se equivocaron. Estos resultados muestran que los estudiantes no establecen una relación entre la temperatura y la velocidad de la reacción.

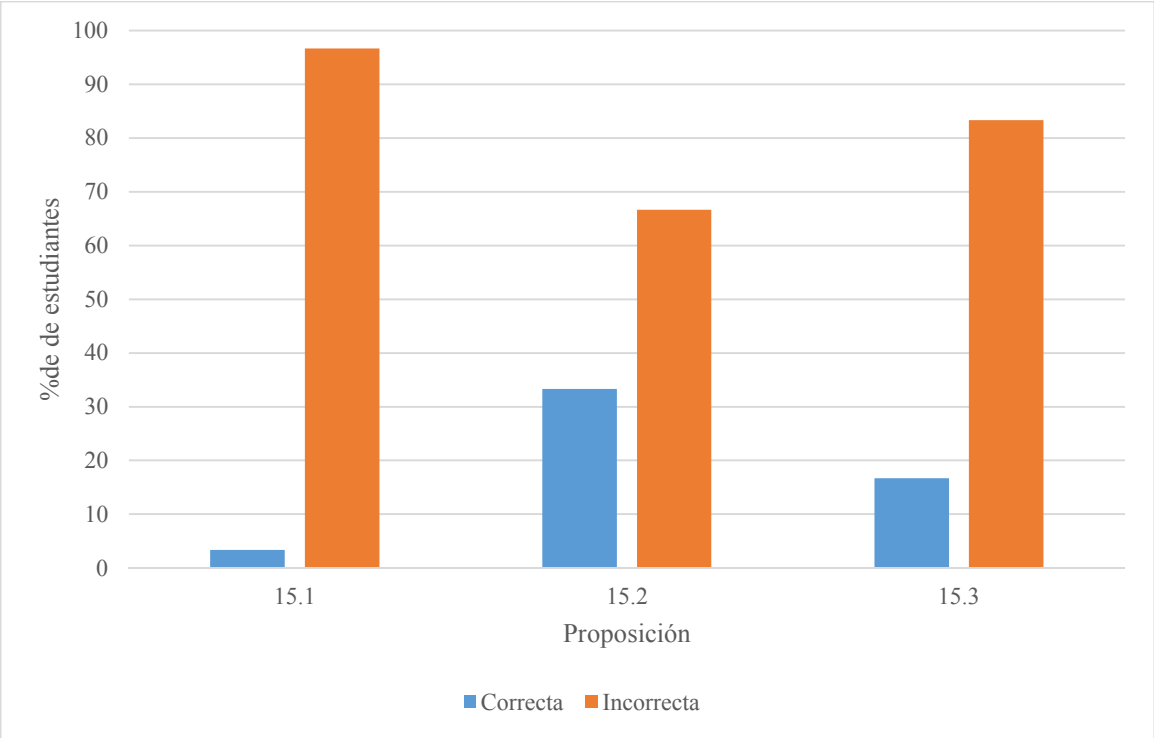

Gráfico 2: Interpretación en porcentaje de los estudiantes que establecieron la relación entre la temperatura y la velocidad de la reacción.

5.1.1.1.3. Relación entre el volumen y la velocidad de la reacción. El porcentaje de estudiantes que establecieron una correcta relación entre el volumen y la velocidad de la reacción en la proposición 21.1 fue del 40%, porcentaje que contrasta con el 60% que lo hicieron erróneamente; para la proposición 21.2, el 33,3% acertaron en la relación, mientras que el 66,6% no lo hicieron; con respecto a la proposición 21.3, el 23,3% respondieron bien, en cambio el 76,6% se equivocaron (Gráfico 3). El registro de los resultados indica que los estudiantes no tienen claro el efecto que tiene el cambio del volumen en la velocidad de la reacción.

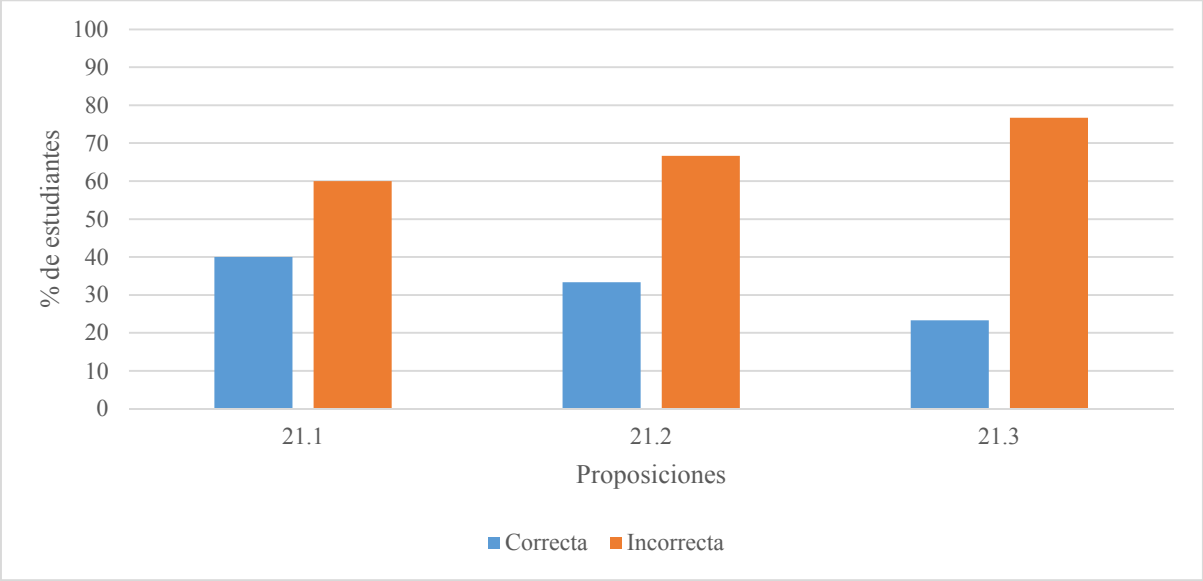

Gráfico 3: Interpretación en porcentaje de los estudiantes que establecieron la relación entre la presión y la velocidad de la reacción.

5.1.1.1.4. Relación entre la adición de un catalizador y la velocidad de la reacción. En la proposición 24.1 el 56,6% de los estudiantes establecieron una relación acertada entre la adición de un catalizador y la velocidad de la reacción, con respecto a un 43,3% que no lo hicieron; en cuanto a la proposición 24.2, el 40% de los estudiantes respondieron correctamente a la relación mientras que, el 60% desacertaron (Gráfico 4). De ello se concluye que los estudiantes no reconocen con claridad el efecto de un catalizador en una reacción.

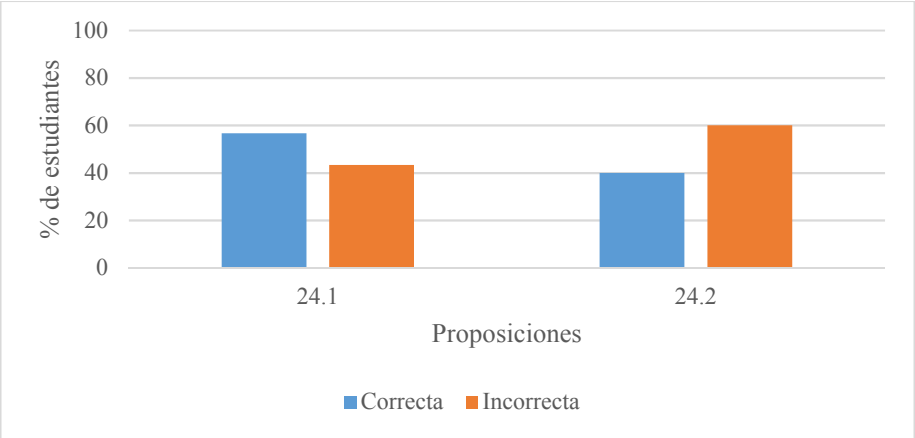

Gráfico 4. Interpretación en porcentaje de los estudiantes que establecieron la relación entre la adición de un catalizador y la velocidad de la reacción.

5.1.1.2 Reacción química y estequiometria de las reacciones.

Al preguntarles a los estudiantes sobre los cambios de concentración de las especies químicas que participan en la reacción cuando una de ellas aumenta su concentración (Gráfico 5), el 53,3% de los estudiantes respondieron correctamente en la proposición 8.2 y el 46,6% se equivocaron; el 50% de ellos acertaron en la proposición 8.3, mientras que el otro 50 no lo hicieron; el 53,3% predijeron correctamente la concentración en la proposición 9.1, en cambio el 46,6% respondieron erróneamente; en la proposición 9.2 el 20% de los estudiantes seleccionaron la respuesta correcta y el 80% eligieron la incorrecta, lo mismo ocurre en la proposición 9.3 donde el 20% acertaron y el 80% registraron desaciertos. Finalmente, en la proposición 9.4, el 46,6 % indicaron la concentración correctamente y el 53,3% no. Estos resultados señalan que los estudiantes no establecen una relación estequiometria correcta en el evento que se modifique la concentración de una de las especies químicas en la reacción.

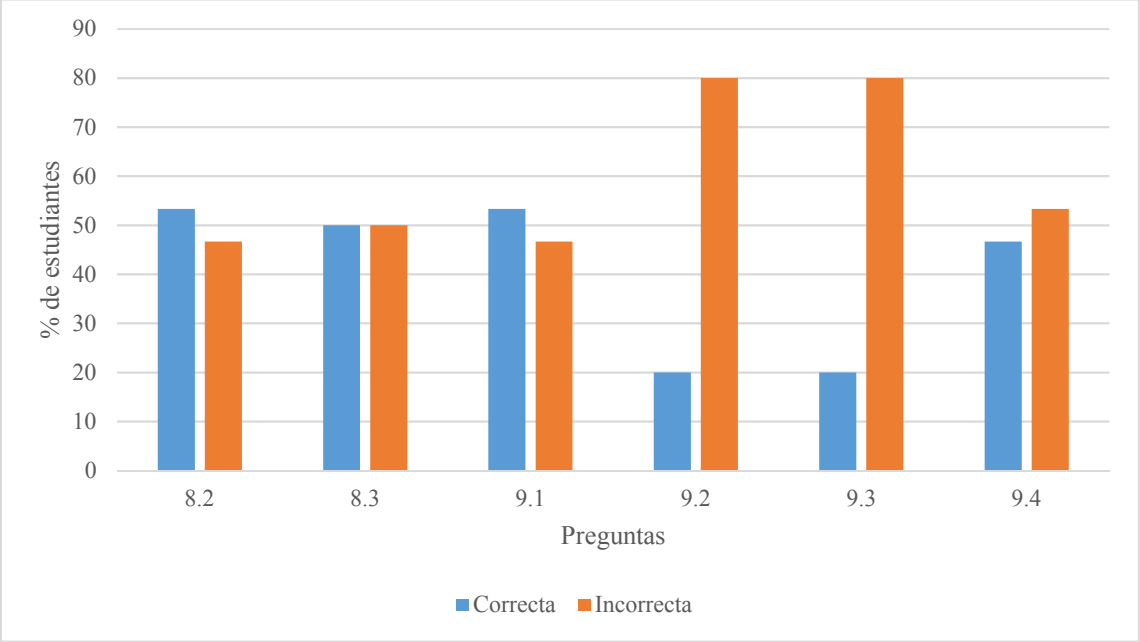

Gráfico 5. Interpretación en porcentaje de los estudiantes que establecieron la concentración de las especies químicas que participan en una reacción.

5.1.2. Determinación de los contenidos de la estrategia de aprendizaje.

Una vez realizada la revisión documental (artículos histórico-epistemológicos sobre equilibrio químico, lineamientos curriculares en ciencias y estándares de competencia en ciencias), se diseñó una tabla en la que se relacionó el estándar, la competencia, las acciones de pensamiento y los contenidos para la temática de equilibrio químico (Tabla 2) los cuales sirvieron de base para determinar aquellos pertinentes dentro de la estrategia.

Tabla 2
Contenidos específicos del tema equilibrio químico

ESTÁNDAR	***COMPETENCIA***	***ACCIONES DE PENSAMIENTO***	***CONTENIDOS***
Relaciona la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico	*"Capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas sobre estos fenómenos".* *"Capacidad para construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos".* *"Disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento".*	Realiza cálculos cuantitativos en cambios químicos. Identifica condiciones para controlar la velocidad de cambios químicos. Caracteriza cambios químicos en condiciones de equilibrio.	Reversibilidad de las reacciones. Sistemas en equilibrio químico. Concentraciones de las sustancias en un sistema en equilibrio. Velocidad de reacción de avance e inversa en un sistema en equilibrio. Constante de equilibrio. Asimilación de un cambio en un sistema en equilibrio: principio de L`Chatelier.

Para la estrategia se establecieron los contenidos: equilibrio químico, concentraciones de las sustancias en un sistema en equilibrio, velocidad de reacción de avance e inversa en un sistema en equilibrio y asimilación de un cambio en un sistema en equilibrio, todos ellos a partir de la perspectiva de los conceptos de reacción completa, reacción incompleta y reversibilidad de una reacción.

Acorde con el objetivo 1.3.2.3, dentro de la revisión documental, también se realizó una exploración del trabajo experimental desarrollado por los científicos a través de la historia con respecto al equilibrio químico, con el propósito de incluir algunas de las reacciones dentro de la estrategia de enseñanza-aprendizaje. La consolidación de este trabajo se registra en la tabla 3.

Tabla 3
Conceptos desarrollados a partir del trabajo experimental Siglos XVIII y XIX

Concepto	Trabajo experimental	Científico(s)
Reacción reversible Equilibrio entre fuerzas antagónicas	**Obtención del nitrato de potasio puro por múltiples recristalizaciones** (Wisniak, 2000)	**Berthollet 1789**
Reacción reversible	$CaCO_3 + 2NaCl \rightarrow CaCl_2 + Na_2CO_3$	**Berthollet 1798** **Factor masa de los reactivos**
Reacción reversible	**Reacción** (Van Driel, de Vos, & Verloop, 1998) (Connor, 1991) $Fe^{3+}{}_{(ac)} + SCN^{-}{}_{(ac)} \rightleftarrows FeSCN^{2+}{}_{(ac)}$	**Gladstone 1855-1859**
Velocidad de las reacciones	**Reacciones de esterificación** **ácido acético + etanol ⇄ acetato de etilo + agua**	**Berthelot y Saint Gilles 1862**
Reacciones parciales	$NH_4Cl_{(ac)} \rightleftarrows HCl_{(ac)} + NH_{3(ac)}$	**Pfaundler 1867**
Reversibilidad de la reacción	$N_2O_{4(g)} \rightleftarrows 2NO_{2(g)}$	**Playfair y Wanklyn**

A partir de la información verificada y por sugerencia de autores como (Raviolo A. , 2007) (Quílez J. , 2007), se estableció que una de las reacciones pertinentes correspondería a la de ión tiocianato (SCN^-) con el ión hierro (III) (Fe^{3+}). Las demás reacciones registradas en la tabla, no se contemplan debido a que en algunas de ellas, el tiempo de reacción no permitiría hacer una retroalimentación dentro de la misma sesión; para las otras, no son evidentes los cambios macroscópicos que se dan en ellas para los estudiantes, o como es el caso del tetraóxido de dinitrógeno, no se utilizó debido a que se buscaba que los estudiantes tuvieran el manejo directo de las sustancias, por lo tanto, utilizar las sustancias en disolución acuosa era más sencillo.

5.1.3. Diseño y aplicación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje.

La estrategia se organizó en tres sesiones cada una con dos momentos: uno de trabajo experimental y otro de análisis y consolidación de contenidos sobre la temática del equilibrio químico (Figura 4).

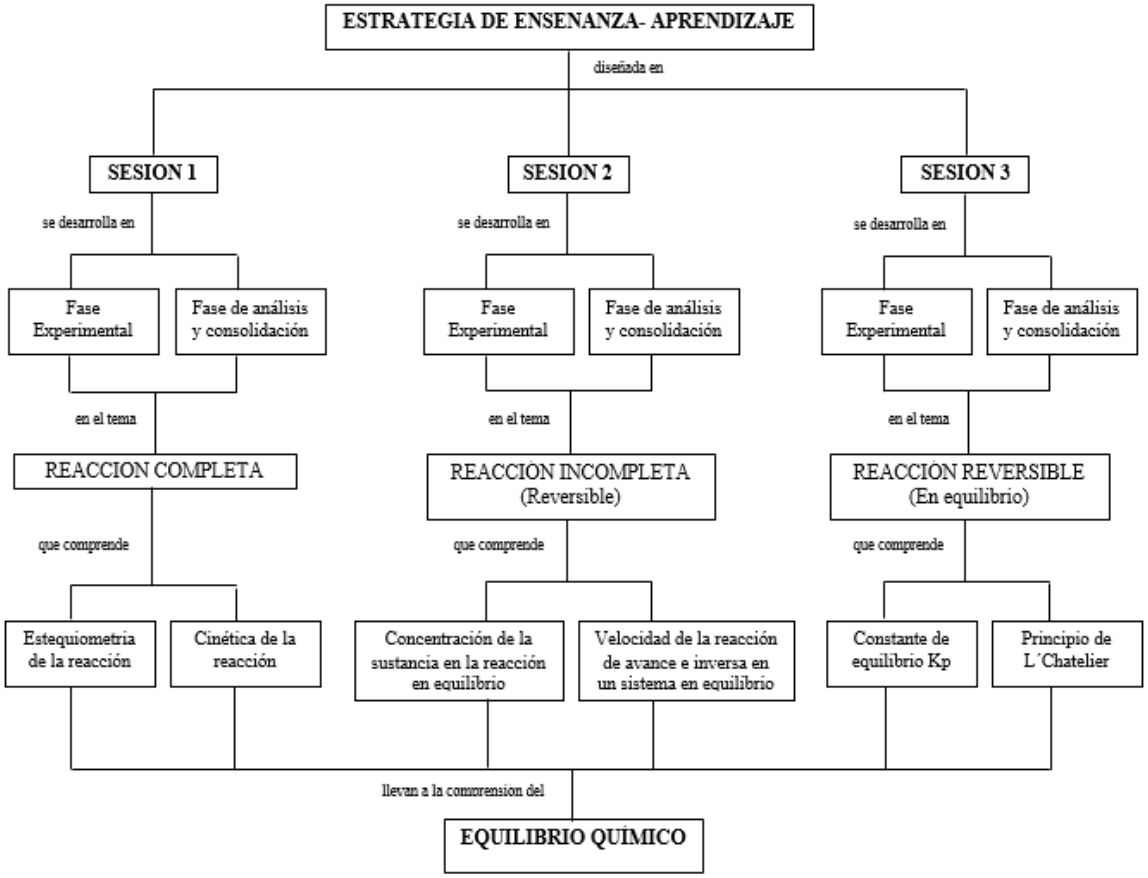

Figura 4. Esquema que muestra la composición de las sesiones en la estrategia.

5.1.3.1. Trabajo experimental.

Se elaboraron tres guías de trabajo grupal acompañadas cada una de una caja de micro-experimentos (caja didáctica). La estructura para las guías es la siguiente (Ver ejemplo en Anexo B):

- **Encabezado:** en éste se registró el título de la actividad, el eje temático, las competencias a desarrollar y los objetivos de aprendizaje.

- **Componente histórico:** titulado "Construcción del conocimiento a través de la historia", en este aparte se mostró a los estudiantes el trabajo científico realizado en los siglos XVIII y XIX en la construcción de las bases conceptuales sobre el tema de equilibrio químico. Este componente a la vez, sirvió de base para que los estudiantes analizaran los procesos ocurridos en la parte experimental y sacaran conclusiones a partir de ello.
- **Actividad experimental:** contiene reacciones químicas realizadas por los científicos a través de la historia . En cada guía las reacciones fueron seleccionadas intencionalmente para llevar al estudiante a la construcción de conceptos estructurantes para el equilibrio químico.

Figura 5. Imágenes de estudiantes realizando el trabajo experimental en una de las sesiones.

- Guía 1: reacción completa (Anexo B).
- Guía 2: reacción incompleta (Anexo C).
- Guía 3: reversibilidad de la reacción (Anexo D).

Los análisis realizados por los estudiantes dentro de cada una de las guías se encuentran en el anexo E. En los escritos se evidenció que los estudiantes establecieron conclusiones en cada una de las sesiones, a partir de la relación que establecieron entre lo desarrollado en los experimentos y el componente histórico que se encontraba en cada una de las guías.

5.1.3.2. Análisis y consolidación de contenido.

Este momento fue complementario al trabajo experimental de las guías, aquí se retomó el componente histórico-epistemológico plasmado en estas para hacer el análisis y consolidación de los contenidos.

- *Para la guía 1.* A partir de la reacción realizada por los estudiantes en la parte experimental, se estableció una discusión sobre el concepto de reacción completa, evidencias que permiten identificar una reacción química, estequiometria de la reacción y elementos básicos de cinética por medio de ejemplos complementarios. Esta sesión sirvió de apoyo para retomar las temáticas evaluadas en la parte de saberes previos ya que se identificó que un porcentaje de los estudiantes tenía dificultades en el aprendizaje de estas.
- *Para la guía 2.* Por medio de las conclusiones obtenidas por los estudiantes (Anexo E) y la reacción química desarrollada en la guía, se trabajó la consolidación de los conceptos mediante una discusión con los estudiantes sobre reacción incompleta (reversible), concentración de las sustancias en una reacción reversible en equilibrio y velocidad de reacción de avance e inversa en un sistema en equilibrio.
- *Para la guía 3.* Se realizó un análisis y discusión con los estudiantes a partir de la reacción ejecutada en la guía, en donde se abordó el concepto de constante de equilibrio y el de principio de LChatelier. En este momento se realizaron ejercicios que involucraron reacciones químicas diferentes a la realizada en la guía 3, con datos sobre las concentraciones de las especies químicas que participaron en ellas.

5.1.4 Evaluación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje.

Con el fin de monitorear el proceso de aprendizaje de los estudiantes una vez se aplicó la estrategia, se utilizó como instrumento de evaluación el test de proposiciones de Ravíolo, et al (2001)(ver Anexo A), el cual se aplicó antes y después de la estrategia para verificar el cambio conceptual en los educandos y

establecer la eficacia de la misma. Este test, expone al estudiante a la reflexión de ciertas situaciones dadas para la reacción $2NO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftarrows 2NOCl_{(g)} \ \Delta H^{\circ} < 0$ en donde el educando debe resolverlas seleccionando la palabra correcta en la proposición.

Los resultados para los ítems del test, son presentados por grupos de eventos de la siguiente manera: acercamiento al equilibrio químico, características del equilibrio químico, cambio de volumen del sistema y adición de un catalizador al sistema en equilibrio e indican el porcentaje de estudiantes que acertaron en cada una de las proposiciones. Lo anterior, con el fin de presentar la discusión de los resultados más adelante, mediante el mismo esquema y así establecer aquellos eventos en los cuales los estudiantes presentan fortalezas o dificultades dentro de la temática del equilibrio químico.

5.1.4.1 Acercamiento al equilibrio.

En este aparte del documento se registraron las respuestas dadas por los estudiantes al analizar las siguientes situaciones:

"Al poner en contacto los reactivos:

1.1 La concentración de NOCl (aumenta, decrece, no cambia).
1.2 La concentración de NO (aumenta, decrece, no cambia)
1.3 La concentración de Cl_2 (aumenta, decrece, no cambia)
2.1 La velocidad de la reacción directa (aumenta, decrece, no cambia) cuando las concentraciones de reactivos decrece.
La velocidad de la reacción inversa es inicialmente cero.
2.2 La velocidad de la reacción inversa (aumenta, decrece, no cambia) cuando las concentraciones de los productos aumentan."

En la proposición 1.1, el porcentaje de estudiantes que acertaron es del 93% en el pretest pasando a un 97% en el postest; para la proposición 1.2, en el pretest el 90% de los estudiantes completaron correctamente la proposición, mientras que en el postest lo hicieron el 100%; en el ítem 1.3, el 87% respondieron acertadamente la proposición en el pretest y el 100% en el postest; en la proposición 2.1, el 53% la completaron correctamente en el pretest y el 93% en el postest; y para el ítem 2.2, el 50% de los estudiantes acertaron en el pretest con respecto al 93% de estudiantes en el postest (Gráfico 6). Los resultados muestran que después de la estrategia los estudiantes establecen correctamente las relaciones de concentración de las

sustancias en la reacción así como determinan acertadamente el comportamiento de la velocidad directa e inversa.

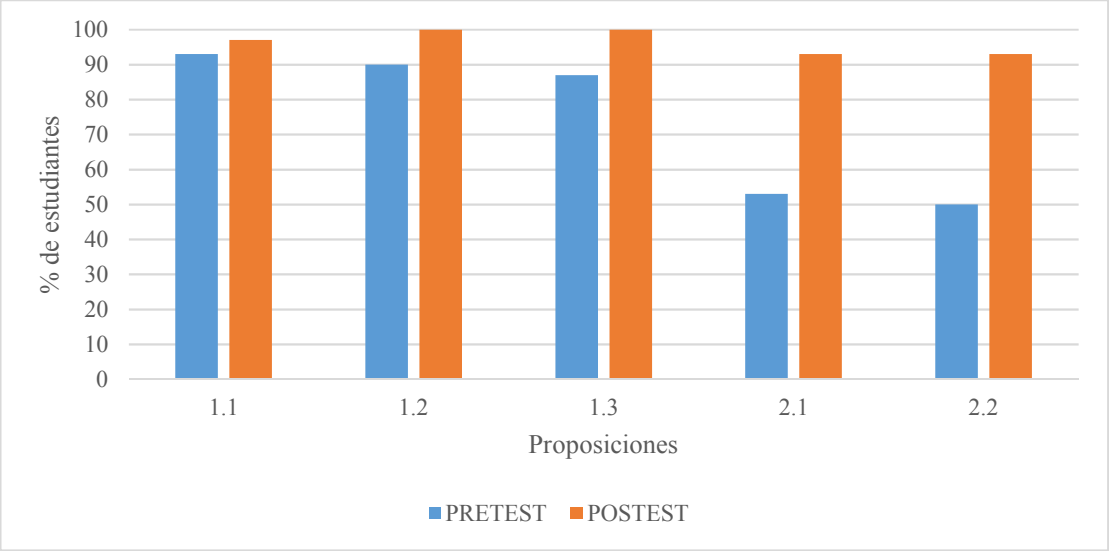

Gráfico 6. Porcentaje de estudiantes que completaron correctamente las proposiciones relacionadas con el acercamiento al equilibrio.

5.1.4.2 Características del equilibrio químico.

Para este evento se expusieron los siguientes ítems para que fuesen resueltos por los estudiantes:

"3. Después que se ha alcanzado el equilibrio las concentraciones de todas las especies presentes (aumentan, decrecen, no cambian) con el tiempo.
4. En equilibrio las concentraciones de los reactivos y productos están relacionados por la ley de equilibrio.
Kc= ----------
5.1 Una constante de equilibrio alta indica que las concentraciones en el equilibrio de los productos son (altas, bajas, iguales) con respecto a las concentraciones de los reactivos.
5.2 Una baja constante de equilibrio indica que las concentraciones de equilibrio de los productos son (altas, bajas, iguales) con respecto a las concentraciones de los reactivos.
6.1 En el equilibrio las reacciones directa e inversa (dejan de ocurrir, continúan ocurriendo).
6.2 En el equilibrio las reacciones directa e inversa tienen (mayores, menores e iguales) velocidades."

En la proposición 3 se observa que en el pretest, el 46,6% responden correctamente mientras que en el postest lo hacen el 100%; en el ítem 4, ninguno de los estudiantes aciertan en el pretest, en cambio el 80% lo resuelven de manera correcta en el postest; para el numeral 5.1, en el pretest el 20% respondieron

correctamente, y el 93,3% en el postest; en el ítem 5.2, el 33,3% de los estudiantes aciertan en el pretest mientras que en el postest el 93,3%; para la proposición 6.1, en el pretest el 80% de los estudiantes contestan correctamente y en el postest el 96,6%; y finalmente, para el numeral 6.2, el 46,6% aciertan en el pretest frente al 93,3% del postest (Gráfico 7). Las respuestas dadas por los estudiantes en este evento muestran que la mayoría de los estudiantes identifican claramente las características del equilibro químico.

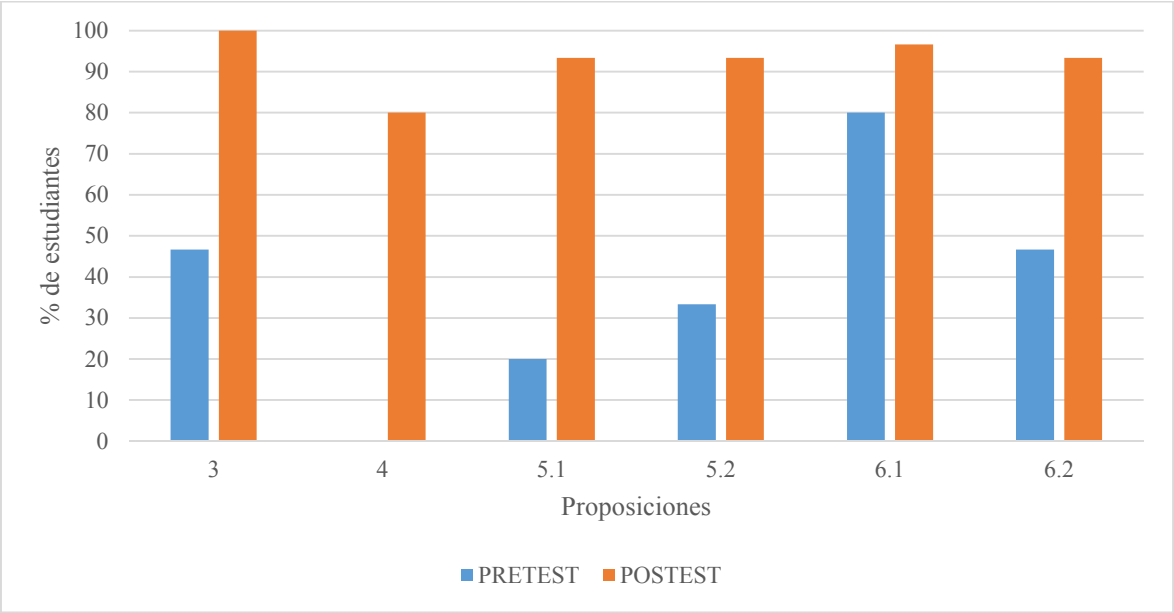

Gráfico 7. Porcentaje de estudiantes que completaron correctamente las proposiciones relacionadas con las características del equilibrio químico.

5.1.4.3 Cambio de las condiciones de equilibrio.

Este evento es evaluado a partir del ítem:

"7. Principio de Le Chatellier. Si un sistema en equilibrio se le realiza un cambio en sus condiciones, el sistema se ajusta para restablecer el equilibrio de forma tal que parcialmente (refuerza, contrarresta) el cambio impuesto."

En la proposición 7 el 83% de los estudiantes aciertan en el pretest, mientras que en el postest lo hacen el 100% (Gráfico 8). Una vez se aplicó la estrategia se

observa que los estudiantes reconocen acertadamente como asimila el cambio en las condiciones de equilibrio una reacción.

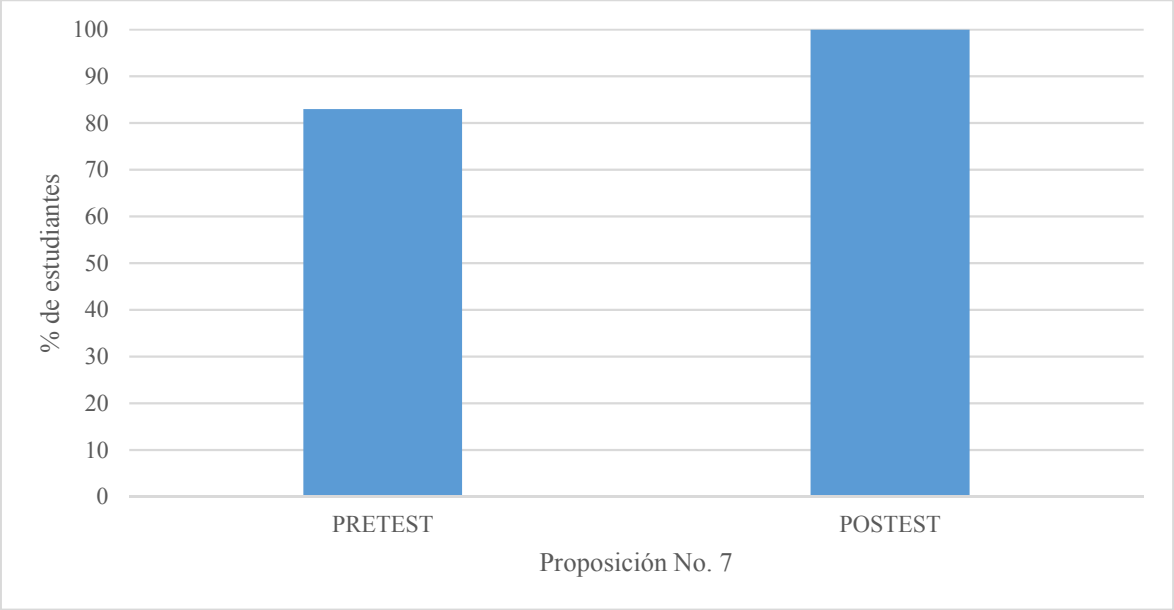

Gráfico 8. Porcentaje de estudiantes que completaron correctamente las proposiciones relacionadas con el cambio de las condiciones de equilibrio.

5.1.4.4 Cambio de la concentración de un reactivo.

Las proposiciones que sirvieron para determinar la efectividad de la estrategia de enseñanza-aprendizaje en este evento fueron:

"Después que el equilibrio ha sido alcanzado, la concentración de NO es instantáneamente incrementada a volumen y temperatura constante.
8.1 Las concentraciones cambian de forma tal de contrarrestar parcialmente el cambio impuesto: un incremento en la concentración de NO. Así el sistema se ajusta para (aumentar, reducir, no cambiar) la concentración de NO.
8.2 Las concentraciones de NO y de Cl_2 (aumentan, decrecen, no cambian).
8.3 La concentración de NOCl (aumenta, decrece, no cambia).
9. Cuando un equilibrio se ha restablecido:
9.1 La concentración de NO será (mayor, menor, igual) que su valor modificado.
9.2 La concentración de NO será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
9.3 La concentración de Cl_2 será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
9.4 La concentración de NOCl será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
10. Cuando la concentración de NO es incrementada:
10.1 la velocidad de la reacción directa instantáneamente (aumenta, disminuye).
10.2 la velocidad de la reacción inversa inicialmente no cambia y gradualmente (aumentará, disminuirá).
11. Cuando el equilibrio se restablezca:
11.1 las velocidades de las reacciones directa e inversa serán (iguales, distintas) entre sí.
11.2 las velocidades de las reacciones directa e inversa serán (mayores, menores, iguales) que en el equilibrio inicial.

12. Cuando el equilibrio se restablezca la constante de equilibrio es (igual, distinta) que bajo las condiciones iniciales."

El gráfico 9 indica que en el ítem 8.1, el 40% de los estudiantes aciertan en el pretest y en el postest 93,3%; la proposición 8.2 muestra que en el pretest el 53% de los estudiantes responden correctamente, y en el postest este porcentaje llega al 83%; para el ítem 8.3, en el pretest el 50% aciertan y en el postest el 93,3%; en la proposición 9.1, se observa que el porcentaje de estudiantes que aciertan en el pretest es del 53% y en el postest el 97%; en el numeral 9.2, el 20% de los estudiantes responden correctamente en el pretest y el 90% lo hacen en el postest; en el ítem 9.3, el 20% aciertan en el pretest y el 93,3% en el postest; para la proposición 9.4, el 46,6% de los estudiantes responden correctamente en el pretest, mientras que en el postest lo hacen el 93,3%; en el numeral 10.1, en el pretest 83,3% aciertan y el 100% en el postest; para el ítem 10.2, responden correctamente en el pretest el 50% y en el postest el 90%; en el numeral 11.1, el 66,6% de los estudiantes resuelven la proposición correctamente en el pretest y para el postest el 93,3%; para el ítem 11.2, el 36,6 % aciertan en el pretest y 93,3% en el postest; y en la proposición 12, el 43,3% responden acertadamente en el pretest, mientras que el 86,6% lo hacen el postest. El gráfico 9 presenta claramente que una vez los estudiantes trabajaron la temática a través de la estrategia reconocen como ocurren los cambios de concentración de las sustancias en los sistemas en equilibrio que han sido modificados.

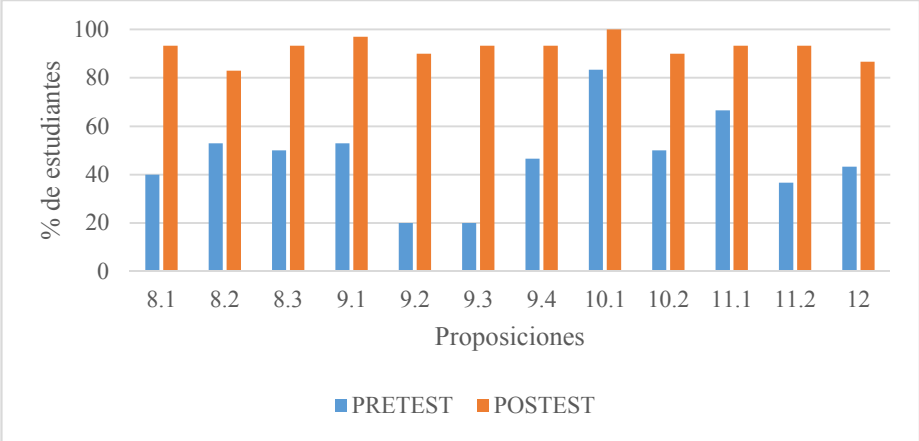

Gráfico 9. Porcentaje de estudiantes que completaron correctamente las proposiciones relacionadas con el cambio de la concentración de un reactivo.

5.1.4.4 Cambio de temperatura del sistema.

Este evento es evaluado a partir de las siguientes proposiciones:

"Después que el equilibrio se ha alcanzado la temperatura es instantáneamente incrementada a la presión constante.
13.1 Las concentraciones cambiarán de forma tal de parcialmente contrarrestar el cambio impuesto: un incremento en la temperatura. Así el sistema se ajusta para favorecer la reacción (exotérmica, endotérmica).
13.2 La concentración de NO y la del Cl_2 (aumentan, decrecen, no cambian).
13.3 La concentración de NOCl (aumenta, decrece, no cambia)
14. Cuando el equilibrio se restablezca:
14.1 La concentración de NO será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
14.2 La concentración de Cl_2 será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
14.3 La concentración de NOCl será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
15. Cuando la temperatura se incremente:
15.1 La velocidad de la reacción directa (aumentará, disminuirá, no cambiará).
15.2 la velocidad de la reacción inversa (aumentará, disminuirá, no cambiará),
15.3 la velocidad de la reacción inversa será (más grande, más pequeña, igual) que la velocidad de la reacción directa.
16. Cuando el equilibrio se restablezca:
16.1 las velocidades de las reacciones directa e inversa serán (iguales, distintas),
16.2 las velocidades de las reacciones directa e inversa serán (mayores, menores, iguales) que en el equilibrio inicial.
17 Cuando el equilibrio se ha restablecido la constante de equilibrio es (mayor, menor, igual) que bajo las condiciones iniciales."

El gráfico 10, muestra que en el ítem 13.1, el 33% de los estudiantes responden correctamente en el pretest y el 87% en el postest; para el numeral 13.2, en el pretest el 30% aciertan mientras que en el posteste lo hace el 90%; en la proposición 13.3, el 10% responden de manera acertada en el pretest y el 83% de los estudiantes en el postest; en el ítem 14.1, el 30% aciertan en el pretest y el 90% en el postest; la proposición 14.2, indica que el 30% en el pretest acertaron mientras que el 90% lo hicieron en el postest; para el ítem 14.3, en el pretest el 10% acertaron y el 7% en el postest; en el numeral 15.1, el gráfico muestra que en el pretest el 3% responden correctamente y en el postest el 83%; para el ítem 15.2 acertaron en el pretest el 33% y el 83% en el postest; para el numeral 15.3, el 17% de los estudiantes acertaron en el pretest, mientras que en el postest lo hicieron el 90%; en el ítem 16.1, el 60% aciertan en el pretest y en el postest el 100%; para la proposición 16.2, el 33% responden correctamente en el pretest y 97% en el postest; y en el ítem 17, el grafico muestra que el 7% aciertan en el pretest y el 97% hacen lo mismo en el postest. Los resultados muestran que los estudiantes identifican claramente los

cambios que se dan en la concentración de las sustancias al ocurrir un incremento en la temperatura del sistema, sin embargo en el ítem 14.3, los estudiantes se equivocan al predecir la concentración, posiblemente por la dificultad de determinar la concentración en el equilibrio inicial.

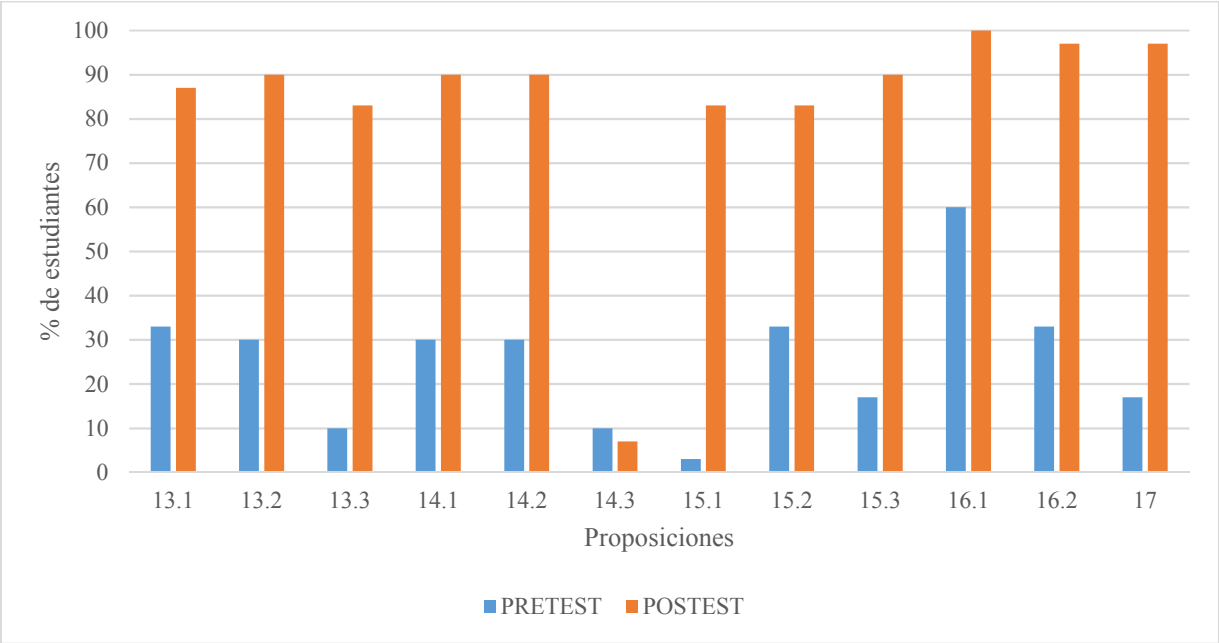

Gráfico 10. Porcentaje de estudiantes que completaron correctamente las proposiciones relacionadas con el cambio de temperatura del sistema.

5.1.4.6 Cambio del volumen del sistema.

Para este evento, las proposiciones que sirvieron de referencia en el trabajo son:

"Después que el equilibrio ha sido alcanzado, se disminuye el volumen del sistema a temperatura constante.
18. Las concentraciones de todas las especies gaseosas en el sistema instantáneamente (aumentan, disminuyen, no cambian).
19.1 Las concentraciones cambian de forma tal para parcialmente contrarrestar el cambio impuesto (un incremento en las concentraciones de las especies gaseosas). Así el sistema se ajusta para favorecer la reacción que produce (mayor, menor) número de partículas gaseosas.
19.2 La concentración de NOCl (aumenta, decrece, no cambia),
19.3 La concentración de NO y las concentración del Cl_2 (aumentarán, decrecerán, no cambian).
20. Cuando el equilibrio se restablece:
20.1 La concentración de NO será (mayor, menor, ¡gual) que su valor modificado,
20.2 La concentración del Cl_2 será (mayor, menor, igual) que su valor modificado,
20.3 la concentración de NOCl será (mayor, menor, igual) que su valor modificado.
21. Cuando el volumen decrece:
21.1. la velocidad de la reacción directa (aumenta, decrece, no cambia),
21.2 la velocidad de la reacción inversa (aumenta, decrece, no cambia),

21.3 la velocidad de la reacción directa será (mayor, menor, igual) que la velocidad de la reacción inversa.
22. Cuando el equilibrio se ha restablecido:
22.1 las velocidades de las reacciones directa e inversa son (iguales, distintas),
22.2 las velocidades de las reacciones directa e inversa serán (mayores, menores, iguales) que en el equilibrio inicial.
23. Cuando el equilibrio se restablece, la constante de equilibrio es (igual, distinta) que en las condiciones iniciales."

Las respuestas plasmadas por los estudiantes para cada una de las proposiciones anteriores permiten establecer que:

El ítem 18, indica que en el pretest el 43,3% de los estudiantes responden correctamente y en el postest el 93,3%; para el ítem 19.1, el 20% de los estudiantes aciertan en el pretest mientras que el postest el 70%; en la proposición 19.2, el 43% aciertan en el pretest y el 90% en el postest; el ítem 19.3, muestra que el 36,6% de los estudiantes completan correctamente la proposición en el pretest y en el postest el 93,3%; para el ítem 20.1, el 37% aciertan en el pretest y el 57% en el postest; en el numeral 20.2, el 27% responden correctamente en el pretest y en el postest el 60%; el ítem 20.3, muestra que en el pretest el 43% de los estudiantes aciertan y el postest el 90%; en la proposición 21.1, el 40% de los estudiantes aciertan en el pretest mientras que en el postest lo hicieron en un 100%; para el ítem 21.2, se observa que el 30% completan la proposición acertadamente en el pretest y en el postest el 90%; en el numeral 21.3, aciertan el 23% en el pretest mientras que en el postest el 87%; en el ítem 22.1, el 53% contestan correctamente en el pretest y en el postest el 97%; en el numeral 22.2, el 23% aciertan en el pretest y el 97% en el postest; finalmente, en el ítem 23, el porcentaje de estudiantes que acertaron fue del 23% en el prestest y para el postest fue del 67% (Gráfico 11). Aquí se observa en los ítems 20.1 y 20.2 que existe dificultad por parte de los estudiantes de establecer con certeza la concentración de las sustancias una vez se ha alcanzado el equilibrio.

Las interpretaciones hechas por los estudiantes en los ítems permiten identificar que, estos establecen acertadamente la relación entre el volumen y la concentración de las sustancias en una reacción reversible, pero tienen dificultad al establecer la misma relación cuando el sistema ha alcanzado el equilibrio.

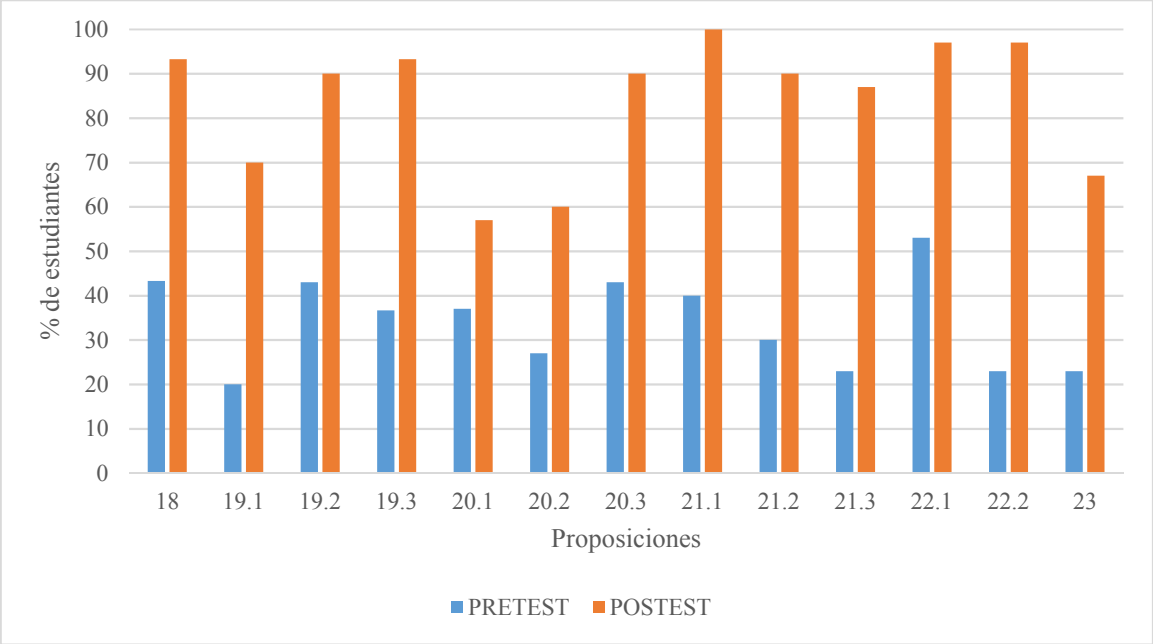

Gráfico 11. Porcentaje de estudiantes que completaron correctamente las proposiciones relacionadas con el cambio de volumen del sistema.

5.1.4.7 Adición de un catalizador.

Las proposiciones que sirvieron de referencia en la evaluación de la estrategia en este evento son:

"Después que el equilibrio ha sido alcanzado se adiciona un catalizador al sistema, a temperatura constante.
24.1 la velocidad de la reacción directa (aumenta, disminuye, no cambia),
24.2 la velocidad de la reacción inversa (aumenta, disminuye, no cambia),
24.3 las velocidades de la reacción directa e inversa son (iguales, distintas) entre sí.
25.1 la concentración de NO (cambia, no cambia),
25.2 la concentración de Cl_2 (cambia, no cambia)
25.3 la concentración de NOCl (cambia, no cambia)
26. La constante de equilibrio es (igual, distinta) que bajo las condiciones iniciales."

En el gráfico 12, se muestra que en el ítem 24.1, el 45% de los estudiantes responden correctamente en el pretest mientras que en el postest lo hicieron el 93%; para el numeral 24.2, el 32% aciertan en el pretest y en el postest el 97%; en el ítem 24.3, el 34% contestan correctamente en el pretest y en el postest el 93%; en la proposición 25.1, los estudiantes que acertaron en el pretest fue de 26% y para el postest del 97%; para el ítem 25.2, el 24% acertaron en el pretest y el 97% en el postest; en el numeral 25.3, el porcentaje de estudiantes que respondieron correctamente fue del 32% en el pretest y del 97% en el postest; y en el ítem 26, el

26% de los estudiantes acertaron en el pretest mientras que en el postest fue del 93%. Las respuestas de los estudiantes evidencian que los estudiantes identifican claramente la relación entre el catalizador y la concentración de las sustancias así como el efecto de éste en la velocidad directa e inversa en la reacción en equilibrio.

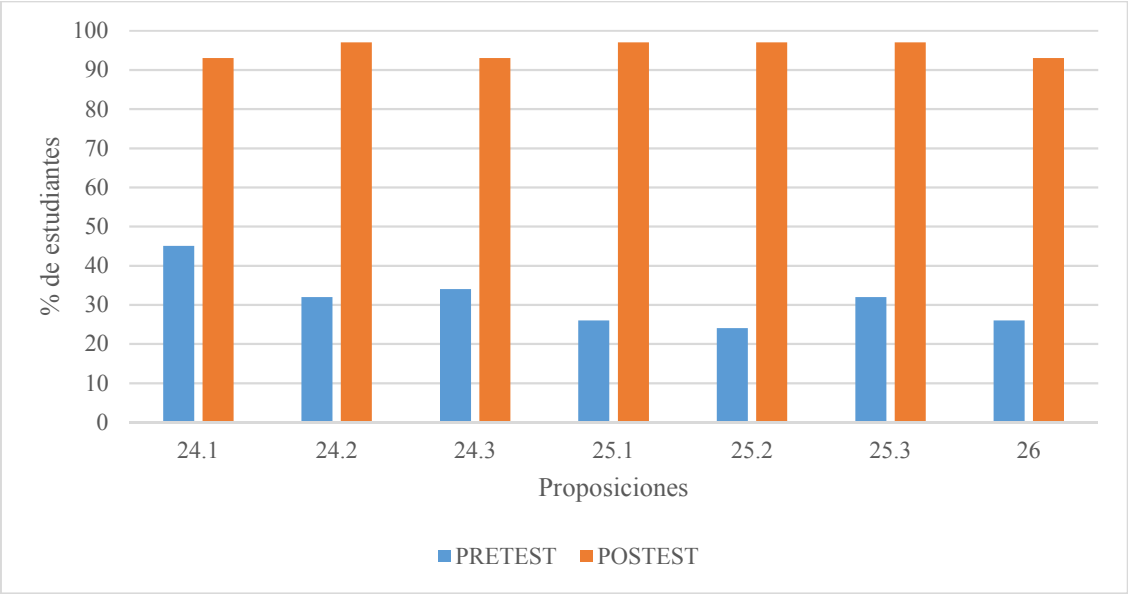

Gráfico 12. Porcentaje de estudiantes que completaron correctamente las proposiciones relacionadas con la adición de un catalizador.

5.2 Discusión

5.2.1. Reconocimiento de los conocimientos previos.

Los conocimientos previos de los estudiantes representan un elemento de anclaje para los nuevos conocimientos y una condición para que se dé un aprendizaje significativo (Campanario & Otero, 2000) (Ausubel, Novak, & H, 1983). Sin embargo, estos conocimientos algunas veces no son correctos debido a la interpretación intuitiva (Moncaleano R, 2008) que hacen los estudiantes de estos en el momento de su aprendizaje. En este sentido, la interpretación intuitiva puede establecer conocimientos previos que pueden ser inconexos y a veces contradictorios, cuando se da una explicación al mismo fenómeno con puntos de

vista inconsistentes entre sí (Pozo & Carretero, 1987) (Pinto & Aliberas, 1996) (Campanario & Otero, 2000).

En el presente estudio, se evidencian algunos aspectos de relevancia en el proceso llevado a cabo con los estudiantes de grado undécimo del Liceo Colombia, alrededor de temas como reacción química, estequiometria de las reacciones y cinética química, los cuales se pudieron resumir en:

- El reconocimiento por parte de los estudiantes de simbología propia de las reacciones químicas y la realización de predicciones que involucren relaciones estequiometricas, esto, en el caso de las reacciones en un solo sentido (reacción directa).

- La falta de claridad de conceptos como la reacción inversa y la imposibilidad de predicciones alrededor de la cinética y las relaciones estequiometricas que se dan en esta.

- Aunque, un poco más de la mitad de los estudiantes realizaron una correcta relación entre la concentración de los reactantes y la velocidad de la reacción y la influencia de un catalizador en la misma (en el caso de la reacción directa), tienen dificultades en analizar cómo la temperatura y el volumen intervienen en la rapidez. Lo anterior, posiblemente porque los estudiantes dejan de lado la entalpia de la reacción en el caso de la temperatura y porque al tratarse de un sistema gaseoso, tienen dificultad en asociar el modelo macroscópico de la materia con el microscópico en el caso de la presión.

El anterior análisis determinó que los estudiantes no contaban con los conocimientos previos que permitieran una articulación apropiada con los nuevos conocimientos sobre equilibrio químico. Por lo tanto, se hizo necesario que en la estrategia de enseñanza-aprendizaje se incluyera una actividad para superar esta dificultad.

En este sentido, en la construcción del conocimiento es importante la presencia de conocimientos previos, ya que los estudiantes aprenden sobre la base de lo que ya conocen. Lo anterior lo señala Ausubel, Novak & H (1983),

cuando afirmar que, al incorporarse nueva información, se activa en la mente los conocimientos relacionados con esta, se establecen conexiones y le dan un nuevo sentido a la información en función del conocimiento pre-existente.

Investigaciones realizadas en las últimas cuatro décadas han indicado que los estudiantes llegan a las clases de ciencias con ideas pre-instruccionales sobre fenómenos y conceptos que se aprenden y que no están en concordancia con las opiniones científicas. Estas ideas a su vez, están consolidadas en la mente y a menudo son resistentes al cambio, así como no siempre son producto de una construcción por parte del alumno ya que algunas veces son representaciones internas construidas a partir de representaciones externas de otras personas como profesores o autores de textos (Martínez D, 1998).

Por otra parte, en muchas ocasiones los esquemas previos de los alumnos no son suficientemente precisos, completos ni ajustados a la realidad, por lo que se pueden manifestar en forma de errores cuando se definen conceptos o se resuelven problemas, por lo tanto, es habitual emplear una prueba o examen de conocimientos previos al principio de cualquier estrategia (Martínez D, 1998).

Para finalizar, es importante resaltar que existe un paralelismo entre muchas de las ideas previas de los educandos y algunas teorías desarrolladas a través de la historia generalmente pre-científicas, un ejemplo de ello se presentó cuando se dieron las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad (Whitaker, 1983) (Pozo & Carretero, 1987).

5.2.2. Determinación de los contenidos de la estrategia de aprendizaje.

El análisis histórico de la ciencia y de su epistemología permite al educador visualizar los obstáculos epistemológicos que pueden darse en el proceso de instrucción y a partir de ello determinar los contenidos de enseñanza que se desarrollan en la estrategia (Gagliardi, 1988). Por eso, la investigación parte de la revisión de la literatura, para identificar los obstáculos epistemológicos que han persistido a través de la historia en el aprendizaje del equilibrio químico y a partir de

ello, determinar los conceptos fundamentales que se incluyen en las actividades de la estrategia y sirven en la introducción y consolidación del aprendizaje del equilibrio químico.

Es importante destacar que en el estudio de los artículos (Raviolo (2003) (2005) (2007); González (2009); Quílez ; Bertelle (2014); Sendur (2010); Karpudewan (2015)), se encontraron aspectos en común que los autores resaltan como concepciones que presentan los estudiantes en el aprendizaje del equilibrio y que Raviolo (2007, pág. 418) a su vez, cita como razonamientos similares al de los científicos del Siglo XIX.

Estos razonamientos, Raviolo los resume de la siguiente manera:

- *Se produce un conflicto al reconocer las reacciones que no se completan, debido a la concepción de que las reacciones químicas son completas;*
- *Necesidad de examinar la idea de que las moléculas de una misma especie son idénticas;*
- *Suposición de que dos reacciones opuestas continúan ocurriendo con el fin de explicar la conversión incompleta;*
- *Atribución de un carácter estático al equilibrio producto de la concepción del equilibrio como una igualación de fuerzas;*
- *Consideración del equilibrio como un fenómeno pendular, en el que primero se completa la reacción directa para darle paso a la reacción inversa;*
- *Confusión entre cantidad y concentración de las sustancias;*
- *Asimilan la respuesta de un sistema en equilibrio cuando ocurre una perturbación como una situación análoga a la tercera ley de newton, acción-reacción;*
- *Concepción de que el catalizador influye en las cantidades de las sustancias presentes en el equilibrio.*

Estos razonamientos, sirven como evidencia de la importancia de realizar una introducción apropiada de conceptos estructurantes que generen un cambio conceptual, de manera que sirvan de base para la apropiación de nuevos

conceptos relacionados con el equilibrio químico. Quílez (2007, pág. 2), cita como ideas básicas en la introducción de la enseñanza del equilibrio químico los conceptos de reacción incompleta, reversibilidad, equilibrio dinámico y constante de equilibrio (Van Driel, de Vos, & Verloop, 1998). Estos conceptos citados por Quílez, al estar alineados con los lineamientos curriculares del Ministerio de Educación Nacional, los estándares en ciencias y el desarrollo histórico-epistemológico del equilibrio químico, fueron incluidos dentro de los contenidos de las sesiones que formaron la estrategia de enseñanza, ya que se consideran estructurantes en la comprensión epistemológica del equilibrio químico.

5.2.3. Diseño, aplicación y evaluación de la estrategia de enseñanza-aprendizaje.

Los hallazgos dentro del estudio, destacan la importancia de la planeación de estrategias intencionadas para superar las debilidades encontradas en las actividades pre-conceptuales. Sin embargo, es necesario dar continuidad a dichos procesos, dado que, la investigación concerniente con la calidad de la enseñanza ha mostrado que una única intervención (como abordar los saberes previos de los estudiantes) no acarrea mejores resultados (Baumert & Kôler, 2000). La instrucción de calidad es el resultado de varios métodos y estrategias orquestados intencionalmente que son eficientes si se integran en un entorno conceptual (Oser & Baeriswyl, 2001).

Un punto de partida es establecer estrategias que lleven a un cambio conceptual de los estudiantes y que además involucren el punto de vista epistemológico. La estrategia planteada para la apropiación del equilibrio dentro de un enfoque-histórico epistemológico fue diseñada a partir de un estudio de la construcción del conocimiento teórico y experimental en los siglos XVIII y XIX, con actividades empíricas que llevaran a los estudiantes a la construcción de nuevos conceptos a partir de la reestructuración y modificación de los que están establecidos en su mente. Investigaciones individuales presentan pruebas convincentes que indican que el diseño instruccional dirigido a un cambio conceptual es más eficiente en los resultados cognitivos que aquellos que no

tienen ese objetivo (Guzetti, Snyder, Glass, & Gamas, 1993) (Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994) (Bryce & MacMillan, 2005) (Piquette & Heikkinen, 2005) (Treagust & Duit, 2008).

Por otro lado, la práctica docente habitual prescinde de la historia en la ciencia y la muestra como el resultado de un trabajo individual con una única verdad, visión que deforma la actividad científica, y a la vez hace que los estudiantes construyan y reconstruyan un concepto desfigurado de la ciencia (Solbes & Traver, 1996) (Gallego & Pérez, 1999).

Dentro de la estrategia, se incluyó el componente histórico como elemento introductorio para dar a conocer a los estudiantes los problemas que se dieron en la construcción del conocimiento, las implicaciones que tuvieron en la comunidad científica la formulación de teorías y modelos, para propiciar el interés del estudiantado por preguntarse por las situaciones problemáticas que se suscitaron (Gallego, Pérez, Uribe, Cuéllas, & Rodríguez, 2004), y como base para la deducción de conceptos estructurantes como lo son los de reacción completa, reacción incompleta y reversibilidad de las reacciones. Lo anterior, cuando se tomó el componente histórico como referencia para que los estudiantes analizaran lo ocurrido en la parte experimental de la estrategia.

El estudio de desarrollo histórico-epistemológico del equilibrio en los científicos del Siglo XIX, evidenció la importancia de que los estudiantes diferencien entre una reacción completa y una incompleta al igual que analicen la reversibilidad de las reacciones. Esto, debido a la concepción por parte de los educandos de considerar solo las reacciones en un sentido. De la misma manera, lo expresa Quílez (2004), cuando afirma que desafiar las ideas de los estudiantes con respecto a que las reacciones se producen en un sentido y continúan hasta que por lo menos uno de los reactivos se consume puede facilitar la construcción de dos ideas básicas de las reacciones en equilibrio: la reacción incompleta y la reversibilidad de las reacciones.

Con respecto a la propuesta experimental dentro de la estrategia, su selección y diseño obedeció al cambio conceptual que debe generarse en los estudiantes. Para ello se identificaron reacciones que desde el punto de vista macroscópico le dieran la oportunidad de analizar cada uno de los eventos que

ocurren en ellas. Para Wandersee *et al* (1994) reacciones seleccionadas pueden contribuir al cuestionamiento de las primeras ideas, así como también puede mejorarlas empleando el pensamiento conceptual en un proceso de cambio conceptual. Por otro lado, investigaciones han mostrado que incluir la experimentación en la enseñanza motiva al estudiante, promueve la comprensión de los conceptos y permite acercase a la metodología de la indagación científica, así como fomenta el trabajo en equipo y el desarrollo de actitudes científicas (Caamaño, 2003) (Hodson, 1994).

De igual manera, en el debate sobre la experimentación en los procesos de aprendizaje se reconoce que el propósito fundamental de ésta es permitir que los estudiantes relacionen el complejo mundo real con el de los conceptos construidos a través de la historia, por lo tanto la experimentación es un referente fenomenológico necesario para que los educandos interaccionen con los procesos o fenómenos naturales y para que por medio de esto desarrollen procesos congnoscitivos complejos que les lleven a realizar sus representaciones y conceptualizaciones con las que sea posible el aprendizaje de los conceptos (Woolnough & Allsop, 1985) (Barbera & Valdés, 1996) (Izquierdo, Sanmartí, & Espinest, 1999) (Psillos & Niedderer, 2002) (Chamizo J. , 2004) (Chamizo & Nieto, La enseñanza experimental de la química. Las experiencias de la UNAM, 2013).

Por otro lado, una discusión sobre los resultados obtenidos en los experimentos dentro de la clase con los estudiantes, así como del análisis del componente histórico-epistemológico plasmado en las guías, representa un elemento importante en el cambio conceptual de estos, ya que por medio del dialogo se intercambian significados, se arman consensos, se explican eventos y se aclaran inquietudes, por lo tanto no se puede desconocer los procesos de interacción dialógica donde la argumentación ocupa un lugar importante (Osborne, Simon, & Collins, 2003) (Scott, Mortimer, & Aguiar, 2006) (Wolfe & Alexander, 2008).

Finalmente, en los procesos de enseñanza aprendizaje, la evaluación como elemento esencial, debe aplicarse para verificar el aprendizaje de los estudiantes, así como para revisar la práctica docente. Lo anterior, lo desglosa Gutiérrez (2002), cuando afirma que, "*la evaluación es un medio que nos permite corregir algunas*

fallas y procedimientos docentes, retroalimenta los mecanismos de aprendizaje, permite planear nuevas experiencias de aprendizaje…así como revisar su desempeño docente e implementar las medidas correctivas inmediatamente".

Bajo esta perspectiva, la evaluación de los conocimientos de los estudiantes, mostró la efectividad de la estrategia de enseñanza-aprendizaje, así como dejó la evidencia de aquellos aspectos por mejorar.

Dentro de estos parámetros, y teniendo como objetivo la evaluación de la efectividad de la estrategia de enseñanza-aprendizaje propuesta , en este aparte del documento, se analizó el cambio conceptual de los estudiantes a partir del test de proposiciones de Ravíolo *et al* (2001), aplicado antes y después de desarrollada dicha estrategia. En este punto, es importante resaltar que la verificación de las concepciones de los estudiantes antes y después de la aplicación de la estrategia, constituye una herramienta útil para integrar conceptos enseñados con anterioridad y diagnosticar dificultades que perduran en el tiempo (Ravíolo, Baumgartner, Lastres, & Torres, 2001) (Kind, 2004), a la vez que permite establecer el cambio conceptual de los estudiantes durante el proceso.

El cambio conceptual que se presentó en la estrategia de enseñanza, partió de la apropiación del concepto de reacción completa, para luego asimilar el de reacción incompleta y así entender los procesos reversibles que alcancen el equilibrio.

En la estrategia por lo tanto, a partir de la experimentación en la sesión 1 y 2, se buscó que los estudiantes entraran en un conflicto conceptual con relación a la existencia de reacciones incompletas ya que daban por hecho que todas las reacciones eran completas. Posteriormente, en la sesión 3, una vez se identificó que existía claridad en los estudiantes con respecto a los conceptos de reacción completa e incompleta, se dio paso a que estos analizaran los procesos reversibles en equilibrio cuando eran afectados por ciertas variables. Finalmente, se verificó lo aprendido por los estudiantes por medio de las respuestas dadas por los estudiantes a través del test de Raviolo, que a su vez, sirvió de herramienta para evidenciar el cambio conceptual dado en los estudiantes.

Lo expuesto en el párrafo anterior, denota el cambio conceptual en los estudiantes una vez se aplica la estrategia, ya que se cumplieron las condiciones dadas por Strike y Posner (1985), (Mortimer, 1995), (Rodríguez-Moneo, 2003): 1. la insatisfacción por parte del estudiantes con las concepciones existentes; en nuestro caso, relacionadas por el conflicto entre reacción completa e incompleta; 2. la nueva concepción que debe ser mínimamente entendida; evento que se evidenció cuando los estudiantes lograron explicar con sus palabras la diferencia entre una reacción completa y una incompleta; 3. La nueva concepción debe parecer desde el inicio aceptable; hecho validado por lo citado en el punto 2; y por último, 4. La nueva concepción debe ser fructífera, es decir, aplicable a un gran número de fenómenos; lo cual se reafirma cuando los estudiantes tienen la capacidad de predecir el comportamiento de los procesos reversibles en equilibrio que han sido perturbados.

6. Seguimiento a los objetivos de investigación.

Los objetivos planteados en una investigación es un referente que marca la ruta a seguir. Dentro del documento se ha expuesto en el aparte correspondiente a resultados y discusión el seguimiento y cumplimiento a los objetivos.

Uno de los objetivos era evaluar los saberes previos de los estudiantes sobre cinética química, reacción química y estequiometria de las reacciones (1.3.2.1), con el fin de establecer las acciones correspondientes a nivel de clase y dentro de la estrategia para mejorar el aprendizaje de la temática, en nuestro caso con relación al equilibrio químico. Lo anterior se efectúo por medio del test de Raviolo, et al (2001), y a partir de los resultados se diseñaron las sesiones con el fin de suplir dicha falencia.

De igual manera se realiza un registro en los resultados de la metodología empleada para el establecimiento de los contenidos específicos para el tema de equilibrio químico (1.3.2.2) y se deja consignado dentro del documento aquellos considerados pertinentes dentro de la estrategia.

De igual manera se realizó un análisis de los conceptos que se desarrollaron a la luz del trabajo experimental de los científicos a través de la historia en la construcción del concepto de equilibrio químico (1.3.2.3), con el fin de seleccionar los experimentos pertinentes que se utilizaron en la estrategia y que en su momento sirvieron para que los científicos establecieran sus hipótesis y teorías. Ya que serían determinantes en la construcción de conceptos estructurantes para el equilibrio químico.

Otro de los objetivos planteados en la investigación era el de definir los elementos constitutivos y la estructura de la estrategia didáctica sobre equilibrio químico (1.3.2.4). Dentro de los resultados se muestra los elementos que formaron parte de la estrategia discriminando como se desarrollaron las sesiones y los

momentos que se dieron dentro de cada sesión. Allí se establece el tiempo y el número de sesiones.

Finalmente, se planteó la evaluación de la estrategia para así establecer su efectividad (1.3.2.5). Para ello, se realizó una comparación entre las respuestas dadas por los estudiantes acerca del tema de equilibrio químico antes y después de la estrategia, mediante el empleo del test de proposiciones de Raviolo et al (2001). Mediante el análisis de las respuestas se estableció la efectividad de la estrategia y el cambio conceptual dado en los educandos.

7. Conclusiones

El enfoque histórico-epistemológico del conocimiento permitió la definición de los contenidos dentro de la estrategia de enseñanza-aprendizaje, ya que fue un referente para diseñar la ruta a seguir e involucrar conceptos estructurantes que fueron la base para la construcción y apropiación del conocimiento en los estudiantes.

El componente experimental dentro de la estrategia didáctica con enfoque histórico-epistemológico, fue lo suficientemente ilustrativo para que los estudiantes analizaran los eventos y tuvieran un referente fenomenológico, que les permitiera desarrollar procesos cognoscitivos complejos y a partir de ello, realizaran sus propias representaciones y conceptualizaciones.

La estrategia didáctica de enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico con un enfoque histórico-epistemológico permitió que la mayoría de los estudiantes reconocieran correctamente las características de un sistema químico en equilibrio en cuanto a la concentración de las sustancias y la velocidad de reacción directa e inversa.

Los experimentos desarrollados por los estudiantes contribuyeron a la consolidación de conceptos estructurantes para el equilibrio químico como son los de reacción completa, reacción incompleta y reversibilidad de la reacción, así como el carácter dinámico del equilibrio.

La estrategia didáctica contribuyo a que la mayoría de los estudiantes establecieran adecuadamente predicciones a cerca de los cambios del sistema en equilibrio suscitados por la modificación de: la concentración de los reactivos, la temperatura del sistema y la presión de la reacción en equilibrio, sin depender directamente del valor de la constante de equilibrio.

8. Referencias bibliográficas.

Adúriz-Bravo, A. y. (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de la Física - Consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 76-89.

Asuaje, J. (2011). Estrategias de Enseñanza Basadas en el Estudiante para el Aprendizaje del Equilibrio Químico. *Educación y Humanismo, 13*(21), 83-98.

Ausubel, D., Novak, J., & H, H. (1983). *Psicología Educativa.* México: Trillas.

Barbera, O., & Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 365-379.

Baumert, J., & Kôler, O. (2000). Uterrichtsgestaltung verstândnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. *TIMSS/III. Drite Internationale Mathematik-und Naturwissenschaftsstu die. Band 2* (págs. 271-315). R. Lehmann.

Bermudez, G., & De Longhi, A. (2011). Niveles de Comprensión del Equilibrio Químico en Estudiantes Universitarios a partir de Diferentes Estrategias Didácticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 10*(2), 264-268.

Bertelle, A., Rocha, A., & Domínguez, J. (2014). Análisis de las discusiones de los estudiantes en una clase de laboratorio sobre equilibrio químico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 114-134.

Bertomeu, S. J., & García, B. A. (2006). *La revolución química: entre la historia y la memoria.* Valencia: Universitat de València.

Boesdorfer, S. B. (2015). *Chemistry Education: Best Practices, Opportunities and Trends.* Wiley-VCH.

Bryce, T., & MacMillan, K. (2005). Encouraging conceptual change: the use of bridging analogies in the teaching of action-reaction forces and the 'at rest' condition in physics. *International Journal of Science Education*(27), 737-763.

Bustos, A. L. (2008). *Diseño de una propuesta didáctica y su contribución a la enseñanza y aprendizaje del tema Equilibrio Químico para alumnos que ingresan a la Universidad.* Universidad Santiago de Compostela.

Caamaño, A. (2003). Los trabajos prácticos en ciencias. En M. Aleixandre, *Enseñar ciencias.* Barcelona: Grao.

Campanario, J., & Otero, J. (2000). Más alla de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 155-169.

Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2005). *Biología* (Séptima ed.). Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.

Castro, A., & Cruz, J. y. (2009). Education with environmental ethics and values to preserve nature. *Convergencia*, 326-355.

Castro, L. (2010). Una Mirada de los Obstáculos Epistemológicos desde Gaston Bachelard. Obtenido de http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/5008/2/CastroForeroLia2010.pdf

Chamizo, J. (2004). *Antología de a Enseñanza Experimental.* México: UNAM.

Chamizo, J. A. (2009). Historia experimental de la química. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (págs. 7-16).

Chamizo, J., & Nieto, E. (2013). *La enseñanza experimental de la química. Las experiencias de la UNAM.* México: UNAM.

Chang, R., & Goldsby, K. (2013). *Química* (Undécima ed.). Mc Graw Hill.

Connor, G. (1991). A practical approach to chemical equilibrium 3: Le Chatelier`s principle. *The Australian Science Teacher`s Journal, 3*(37), 55-56.

Cruz G, C. (2013). Una aproximación histórico-epistemológica del concepto de equilibrio químico.

Elliot, J. (1978). What is action-research in schools? *Journal of Curriculum Studies, 10*, 355-357.

Elliott, J. (1978). What is action-research in schools? *Journal of Curriculum Studies*, 355-357.

Estani, A., & Izquierdo, M. (1990). La evolución del concepto de afinidad analizada desde el modelo de S. Toulmin. *LLULL, 13*, 349-378. Obtenido de Dialnet: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/62077.pdf

Evagorou, M., & Osborne, J. (2010). The role of Language in the learning a teaching of science. En J. Osborne, & D. Justin, *Good Practice in Science Teaching: What research has to say* (págs. 135-156). New York: Mc Graw Hill.

Furió, C. J. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 300.

Furio, C., & Más. (2006). La motivación de los estudiantes y la enseñanza de la Química, una cuestión controvertida. *Educación Química, 17*, 222-227.

Furió-Mas, C., Furió-Gomez, C., & Solbes-Matarredona, J. (abr/jun de 2012). Profundizando en la educación científica:aspectos epistemológicos y metodológicos a tener en cuenta en la enseñanza. *Educar em Revista*(44), 37-57.

Gabel, D. L. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer.

Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias.*, 291-296.

Gallego, B. R., & Pérez, M. R. (1999). *El problema del cambio en las concepciones epistemológicas, pedagógicas y didácticas.* Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Gallego, B. R., Pérez, M. R., Uribe, B., Cuéllas, F. L., & Rodríguez, A. (2004). El concepto de valencia:su construcción histórica y epistemológica y la importancia de us inclusión en la enseñanza. *Ciência y Educacão, 10*(3), 571-583.

García-Lopera, R., Calatayud, M., & Hernández, J. (December de 2014). A Brief Review on the Contributions to the Knowledge of the Difficulties and Misconceptions in Understanding the Chemical Equilibrium. *Asian Journal of Education and e-Learning, 2*, 448-463.

Ghirardi, M., Marchetti, F., Pettinari, C., Regis, A., & Rolettos, E. (2014). A Teaching Sequence for Learning the Concept of Chemical Equilibrium in Secondary School Education. *Journal of Chemical Education*, 59-65.

Gil-Perez, D. (1996). New Trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, 889-901.

Goncalves, R. (2012). Entendimiento del Equilibrio Químico Utilizando Mapas Conceptuales. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, 177-184.

Gonzalez Muradás, R., Sansón Ortega, C., Covarrubias Herrera, M., & Montagut Bosque, P. (2009). Concepciones alternativas, equilibrio químico y cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias*, 2406-2410.

González, M. (2009). Concepciones Alternativas, Equilibrio Químico y Cambio Conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*(Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias), 2406-2410. Obtenido de http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2406-2410.pdf

Gutierrez C, H. (2002). *La evaluación como experiencia total. Logros, objetivos, procesos, competencia y desempeño.* Bogotá: Nomos S.A.

Guzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V., & Gamas, W. (1993). Promoting conceptual change in science: a comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*(28), 116-159.

Hackling, M., & Garnett, P. (1985). Misconceptions of chemical equiibrium. *European Journal of Science Education, 7*, 205-214.

Hensen, K. T. (1996). *Teachers as researchers. Handbook of research on teacher education.* New York: Macmillan.

Hernández, C. A. (11 de octubre de 2005). *Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia-Grupo Federici*. Obtenido de http://www.grupofederici.unal.edu.co/documentos/index.html

Hine, G. S. (2013). The importance of action research in teacher education programs. *Issues in Educational Research.*, 151-163. Obtenido de http://www.iier.org.au/iier23/hine.html

Hodson, D. (1985). Phylosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education, 12*(1), 25-27.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias, 12*(3), 299-313.

Holmes, F. L. (1962). From elective Affinities to Chemical Equilibria: Berthollet`s Law of mass Action . En *Chymia* (págs. 105-145). University of California Press.

Huerta R, M. P. (2009). El Equilibrio Químico, una Investigación de Aula. *Enseñanza de las Ciencias, Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2646-2650. Obtenido de http://132.248.9.195/ptd2008/octubre/0633227/0633227_A1.pdf

Huerta, P., & Irazoque, G. (2009). El Equilibrio Químico, una Investigación de Aula. *Enseñanza de las Ciencias. Reista de investigación y experiencias didácticas*, 2646-2650.

Izquierdo, M., Peral, F., de la Plaza, M., & Troitiño, M. (2013). *Evolución Histórica de los Principios de la Química.* Madrid: Uned Ediciones.

Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinest, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias, 17*, 45-59.

Karpudewan, M., Treagust, D., Mocerino, M., Won, M., & Chandrasegaran, A. (2015). Investigating High School Student´s Unhemical Equilibrium Concepts. *International Journal of Enviromental & Science Education*, 845-863.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (1992). *Cómo planificar la investigación-acción.* Laertes.

Keshavarz, E., & Malekzade, F. (2015). Microescale Laboratory: Creating effective learning environments towar student teachers in primary education. *International Journal of Technical Research and Applications*, 56-58.

Kind, V. (2004). *Beyond appearances. Student's misconceptions about basic chemical ideas.* London, UK.

Ladenburg, A. (1900). *Lectures on the History of the Development of Chemistry Since the Time of Lavoisier.* Edinburgb: The Alembic Club.

Langer, E. (1989). *Mindfulness.* Menlo Park, CA.: Addison-Wesley.

Leicester, H. M. (1971). *The Historical Background of Chemistry.* New York: Dover Publications.

Leite, L. (2002). History of science in science education: Development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. *Science & Education*, 333-359.

Martínez D, A. (1998). Ideas previas experimentación acerca de ideas arraigadas e ideas inducidas sobre fracciones. *Suma*, 59-70.

Marumure, G. (November de 2012). *UNISA.* Obtenido de http://uir.unisa.ac.za/handle/10500/10394

Masterton, W. L., Hurley, C., & Neth, E. (2012). *Chemistry: Principles and Reactions* (Séptima ed.). Thomson.

McMurry, J. (2012). *Química Orgánica.* Mexico: Cengage Learning.

MEN. (2004). Formar en Ciencias ¡el desafio! Lo que necesitamos saber y saber hacer. *Series Guía No.7.* Colombia: Ministerio de Educación Nacional.

Mena, H. (24 de Abril de 2013). *Bdigital Repositorio Institucional Universidad Nacional.* Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/9307/1/35893218.2013.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Formar en ciencias: ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer.* Bogotá.

Ministerio de Educación Nacional. (Agosto de 2016). *Colombia Aprende*. Obtenido de http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-89869_archivo_pdf5.pdf

Moncaleano R, H. (2008). La Enseñanza del Concepto de Equilibrio Químico. Análisis de las Dificultades y Estrategias Didácticas para Superarlas. Valencia, España. Obtenido de http://roderic.uv.es/handle/10550/15725

Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 267-285.

Nakhleh, M. (1992). Why some students don`t learn Chemistry. *Journal of Chemical Education, 69*(3), 191-196.

Narciso-Linares, P., Narciso-Romero, J., & Molina-Jordá, J. (Julio de 2015). *Instituto de Ciencias de la Educación Universidad de Alicante.* Obtenido de https://web.ua.es/es/ice/jornadas-redes-2015/documentos/tema-1/410893.pdf

Nieto C, E., García G, M., & González M, R. (2013). Microescala. En E. Nieto C, & J. A. Chamizo G, *La Enseñanza Experimental de la Química: Las Experiencias de la UNAM* (págs. 109-124). Mexico, Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México.

Nieto, C. E., & Chamizo, G. J. (2013). *La enseñanza experimental de la química.* Mexico, Distrito Federal: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education, 25*(9), 1049-1079.

Oser, F., & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of teaching: Brinding instruction to learning. En *AERA`s handbook of research on teaching* (4th ed., págs. 1031-1065). Washington DC: V.Richardson.

Pinto, R., & Aliberas, J. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas . *Enseñanza de las ciencias*, 221-232.

Piquette, J. S., & Heikkinen, H. W. (2005). Strategies reported used by instructors to address student alternate conceptions in chemical equilibrium. . *Journal of Research in Science Teaching*, 1112-1134.

Pozo, J. I. (2009). *Aprender y enseñar ciencia.* Madrid: Ediciones Morata, S. L.

Pozo, J., & Carretero, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y Aprendizaje*, 35-52.

Pozo, V. (2013). *UVaDOC Repositorio Documental de la Universidad de Valladolid.* Obtenido de https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/3476/1/TFM-G%20170.pdf

Psillos, D., & Niedderer, H. (2002). *Teaching and Learning in the Science Laboratory.* Dordrecnt: Kluwer Academic Publishers.

Quílez P, J. (2002). Aproximación a los orígenes del concepto de equilibrio químico: algunas implicaciones didácticas. *Profesores al día. Fisicoquímica.*, 101-112.

Quílez, J. (2002). Aproximación a los orígenes del concepto de equilibrio químico: algunas implicacioes didácticas. *Profesores al día*, 101-112.

Quílez, J. (2002). Una Propuesta Curricular para la Enseñanza de la Evolución de los Sistemas en Equilibrio que han sido Perturbados. *Educación Química*, 170-187.

Quilez, J. (2004). A Historical Approach to the development of Chemical Equilibriium Trough the evolution of the affinity concept: some educational suggestions. *Chemistry Education: research and practice, 5*(1), 69-87.

Quílez, J. (2006). Análisis de Problemas de Selectividad de Equilibrio Químico: Errores y Dificultades Correspondientes a Libros de Texto, Alumnos y Profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 219-240.

Quílez, J. (2006). The role of theories in early studies of chemical equilibria. *Bulletin for the history of chemistry, 31*(2). Obtenido de American Chemical Society: http://www.scs.illinois.edu/~mainzv/HIST/bulletin_open_access/v31-2/v31-2%20p45-57.pdf

Quilez, J. (2007). A Historical/Philosophical Foundation for Teaching Chemical Equilibrium. *Ninth International History Philosophy & Science Teaching Conference.* Calgary.

Quílez, J. (24-28 de Junio de 2007). A Historical/Philosophical Foundation for Teaching Chemical Equilibrium. *Ninth International History Philsophy & Science Teaching Conference.* Calgary, Canada.

Quílez, J. (2009). From chemical forces to chemical rates: a historical/philosophical foundation for the teaching of chemical equilibrium. *Science & Education.*, 1203-1251.

Quintanilla, M., Izquierdo Aymerich, M., & Agustin., A.-B. (2007). Discusión en torno a una propuesta para introducir la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de ciencias. En M. Izquierdo, A. Caamaño, & M. Quintanilla, *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar* (págs. 174-197). Barcelona: Departament de Didàctica de las Matemàticas i de les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona.

Quiroga, L. (2010). Estilos de aprendizaje y motivación: un estudio en el contexto universitario. *Actualidades pedagógicas*(55), 203-210.

Raviolo, A. (2006). Las Imágenes en el Aprendizaje y en la Enseñanza del Equilibrio Químico. *Educación Química, 17*(Extra No 1), 300-307.

Raviolo, A. (2007). Implicaciones Didácticas de un Estudio Histórico sobre el Concepto Equilibrio Químico. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 415-422.

Raviolo, A., & Garritz, A. (2007). Analogías en la Enseñanza del Equilibrio Químico. *Educación Química*, 15-28.

Raviolo, A., & Martínez A, M. M. (2005). El origen de las dificultades y de las concepciones alternativas de los alumnos en relación con el equilibrio químico. *Investigación educativa*, 159-166.

Raviolo, A., & Martínez, M. M. (2003). Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. *Investigación Educativa.*, 159-165.

Ravíolo, A., Baumgartner, E., Lastres, L., & Torres, N. (2001). Logros y dificultades de alumnos universitarios en equilibrio químico: uso de un test con proposiciones. *Investigación Educativa*, 18-26.

Reid, N. (2000). Towards an Application Led Curriculum. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe., 1*(3), 381-392.

Rocha, A. (2000). Propuesta para la Enseñanza del Equilibrio Químico. *Educación Química*, 343-352.

Rocha, A. (2007). *USC Repositorio Institucional Universidad Santiago de Compostela.* Obtenido de https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2403/9788497509718_content.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez-Moneo, M. (2003). *Conocimiento previo y cambio conceptual.* Buenos Aires: AIQUE.

Santa M, C. A. (18 de Junio de 2014). *bdigital Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia.* Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/12940/1/98658752.2014.pdf

Scott, P., Mortimer, E., & Aguiar, O. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education, 90*(4), 605-631.

Sendur, G., Toprak, M., & Sahin P, E. (2010). Analyzing of Student`s MIsconceptions About Chemical Equilibrium. *International Conference on New Trends in Education and Their Implications.* Antalya: Iconte. Obtenido de http://www.iconte.org/FileUpload/ks59689/File/2.pdf

Sirhan, G. (September de 2007). Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish Science Education, 4*(2).

Solbes, J., & Traver, M. (1996). La utilizació de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Enseñanza de las ciencias, 14*(1), 103-112.

Stengers, I. (1991). La afinidad ambigua: el sueño newtoniano de la Química del Siglo XVIII. (Serres, Ed.) *Historia de las Ciencias*, 337-362.

Strike, K., & Posner, G. (1985). A conceptual change view of elarning and understanding. En *Cognitive structure and conceptual change* (págs. 221-231). West, L & Pines, L.

Suárez, P. M. (2002). Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias., 1*(1), 40-56.

Treagust, D. F., & Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theorical, methodological and practical challenges for science education. *Cult Stud of Sci Educ*, 297-328.

Van Driel, J., de Vos, W., & Verloop, N. (1998). Relating estudent`s reasoning to the history of science: the case of chemical equilibrium. *Research in Science Education, 2*(28), 187-198.

Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En *Handbook of research on science teaching and learning* (págs. 177-210). New York: MacMillan.

Wandersee, J., & Baudoin, P. (2003). The History of Chemistry: potencial and actual constributions to chemical education. En e. a. Gilbert, *Chemical Education: Towards Research-based Practice.* Science and Tecnology Education Library Cluwer Academic Publisher.

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

Wisniak, J. (2000). The history of saltpeter production with a bit of pyrotechnics and Lavoisier. *The Chemical Educator*, 205-209.

Wolfe, S., & Alexander, R. (2008). Argumentation and diaogic teaching: alternative pedagogies for a changing world. *Access*.

Woolnough, B., & Allsop, T. (1985). *Practical work in science.* Cambridge: Cambridge University Press.

ANEXO A

EJERCITO NACIONAL
LICEO DEL EJERCITO "PATRIA" - SECTOR NORTE "B"
LICEO "COLOMBIA"
QUÍMICA

TEST DEQUILIBRIO QUÍMICO

NOMBRE: _____

Para la siguiente reacción química

$$2NO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftarrows 2NOCl_{(g)}$$

$$\Delta H^{o} < 0 \ (exotérmica)$$

$NO \rightarrow$ *óxido nítrico (monóxido de nitrógeno)*
$NOCl \rightarrow$ *cloruro de nitrosilo*

Lea cada una de las siguientes proposiciones y subraye dentro del paréntesis, la respuesta correcta.

a. Acercamiento al equilibrio.

Al poner en contacto los reactivos:

1.1 La concentraión de NOCl (aumenta, decrece, no cambia).
1.2 La concentración de NO (aumenta, decrece, no cambia)
1.3 La concentración de Cl_2 (aumenta, decrece, no cambia)
2.1 La velocidad de la reacción directa (aumenta, decrece, no cambia) cuando las concentraciones de reactivos decrece.
La velocidad de la reacción inversa es inicialmente cero.
2.2 La velocidad de la reacción inversa (aumenta, decrece, no cambia) cuando las concentraciones de los productos aumentan.

b. Características del equilibrio químico.

3. Después que se ha alcanzado el equilibrio las concentraciones de todas las especies presentes (aumentan, decrecen, no cambian) con el tiempo.
4. En equilibrio las concentraciones de los reactivos y productos están relacionados por la ley de equilibrio.
Kc= ----------
5.1 Una constante de equilibrio alta indica que las concentraciones en el equilibrio de los productos son (altas, bajas, iguales) con respecto a las concentraciones de los reactivos.
5.2 Una baja constante de equilibrio indica que las concentraciones de equilibrio de los productos son (altas, bajas, iguales) con respecto a las concentraciones de los reactivos.
6.1 En el equilibrio las reacciones directa e inversa (dejan de ocurrir, continúan ocurriendo).
6.2 En el equilibrio las reacciones directa e inversa tienen (mayores, menores e iguales) velocidades.

c. Cambio de las condiciones de equilibrio.

7. Principio de Le Chatellier. Si un sistema en equilibrio se le realiza un cambio en sus condiciones, el sistema se ajusta para restablecer el equilibrio de forma tal que parcialmente (refuerza, contrarresta) el cambio impuesto.

c.1 Cambio de la concentración de un reactivo.

Después que el equilibrio ha sido alcanzado, la concentración de NO es instantáneamente incrementada a volumen y temperatura constante.
8.1 Las concentraciones cambian de forma tal de contrarrestar parcialmente el cambio impuesto: un incremento en la concentración de NO. Así el sistema se ajusta para (aumentar, reducir, no cambiar) la concentración de NO.
8.2 Las concentraciones de NO y de Cl_2 (aumentan, decrecen, no cambian).
8.3 La concentración de NOCl (aumenta, decrece, no cambia).
9. Cuando un equilibrio se ha restablecido:
9.1 La concentración de NO será (mayor, menor, igual) que su valor modificado.
9.2 La concentración de NO será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
9.3 La concentración de Cl_2 será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
9.4 La concentración de NOCl será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
10. Cuando la concentración de NO es incrementada:
10.1 la velocidad de la reacción directa instantáneamente (aumenta, disminuye).
10.2 la velocidad de la reacción inversa inicialmente no cambia y gradualmente (aumentará, disminuirá).
11. Cuando el equilibrio se restablezca:
11.1 las velocidades de las reacciones directa e inversa serán (iguales, distintas) entre sí.
11.2 las velocidades de las reacciones directa e inversa serán (mayores, menores, iguales) que en el equilibrio inicial.
12. Cuando el equilibrio se restablezca la constante de equilibrio es (igual, distinta) que bajo las condiciones iniciales.

c.2 Cambio de temperatura del sistema.

Después que el equilibrio se ha alcanzado la temperatura es instantáneamente incrementada a la presión constante.
13.1 Las concentraciones cambiarán de forma tal de parcialmente contrarrestar el cambio impuesto: un incremento en la temperatura. Así el sistema se ajusta para favorecer la reacción (exotérmica, endotérmica).

EFQM
Committed to excellence
2013

13.2 La concentración de NO y la del Cl_2 (aumentan, decrecen, no cambian).
13.3 La concentración de NOCl (aumenta, decrece, no cambia)
14. Cuando el equilibrio se restablezca:
14.1 La concentración de NO será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
14.2 La concentración de Cl_2 será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
14.3 La concentración de NOCl será (mayor, menor, igual) que su valor en el equilibrio inicial.
15. Cuando la temperatura se incremente:
15.1 La velocidad de la reacción directa (aumentará, disminuirá, no cambiará).
15.2 la velocidad de la reacción inversa (aumentará, disminuirá, no cambiará),
15.3 la velocidad de la reacción inversa será (más grande, más pequeña, igual) que la velocidad de la reacción directa.
16. Cuando el equilibrio se restablezca:
16.1 las velocidades de las reacciones directa e inversa serán (iguales, distintas),
16.2 las velocidades de las reacciones directa e inversa serán (mayores, menores, iguales) que en el equilibrio inicial.
17 Cuando el equilibrio se ha restablecido la constante de equilibrio es (mayor, menor, igual) que bajo las condiciones iniciales.

c.3. Cambio del volumen del sistema (o la presión del sistema)

Después que el equilibrio ha sido alcanzado, se disminuye el volumen del sistema a temperatura constante.
18. Las concentraciones de todas las especies gaseosas en el sistema instantáneamente (aumentan, disminuyen, no cambian).
19.1 Las concentraciones cambian de forma tal para parcialmente contrarrestar el cambio impuesto (un incremento en las concentraciones de las especies gaseosas). Así el sistema se ajusta para favorecer la reacción que produce (mayor, menor) número de partículas gaseosas.
19.2 La concentración de NOCl (aumenta, decrece, no cambia),
19.3 La concentración de NO y las concentración del Cl_2 (aumentarán, decrecerán, no cambian).
20. Cuando el equilibrio se restablece:
20.1 La concentración de NO será (mayor, menor , igual) que su valor modificado,
20.2 La concentración del Cl_2 será (mayor, menor, igual) que su valor modificado,
20.3 la concentración de NOCl será (mayor, menor, igual) que su valor modificado.
21. Cuando el volumen decrece:
21.1. la velocidad de la reacción directa (aumenta, decrece, no cambia),
21.2 la velocidad de la reacción inversa (aumenta, decrece, no cambia),
21.3 la velocidad de la reacción directa será (mayor, menor, igual) que la velocidad de la reacción inversa.
22. Cuando el equilibrio se ha restablecido:
22.1 las velocidades de las reacciones directa e inversa son (iguales, distintas),
22.2 las velocidades de las reacciones directa e inversa serán (mayores, menores, iguales) que en el equilibrio inicial.
23. Cuando el equilibrio se restablece, la constante de equilibrio es (igual, distinta) que en las condiciones iniciales.

c.4. Adición de un catalizador

Después que el equilibrio ha sido alcanzado se adiciona un catalizador al sistema, a temperatura constante.
24.1 la velocidad de la reacción directa (aumenta, disminuye, no cambia),
24.2 la velocidad de la reacción inversa (aumenta, disminuye, no cambia),
24.3 las velocidades de la reacción directa e inversa son (iguales, distintas) entre sí.
25.1 la concentración de NO (cambia, no cambia),
25.2 la concentración de Cl2 (cambia, no cambia)
25.3 la concentración de NOCl (cambia, no cambia)
26. La constante de equilibrio es (igual, disntita) que bajo las condiciones iniciales.

ANEXO B

EJERCITO NACIONAL
LICEO DEL EJERCITO "PATRIA" - SECTOR NORTE "B"
LICEO "COLOMBIA"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
QUÍMICA

EFQM Committed to excellence 2013

TRABAJO EXPERIMENTAL GRUPAL

ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE UNA REACCIÓN QUÍMICA

"REACCIÓN ENTRE EL TIOSULFATO DE SODIO Y EL ÁCIDO CLORHÍDRICO"

Eje Temático	Equilibrio químico
Competencias	1. Capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas pertinentes sobre estos fenómenos. 2. Capacidad para construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos. 3. Disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento.
Objetivo de aprendizaje	1. Reconocer por medio del trabajo experimental algunas características que permiten identificar una reacción completa. 2. Construir modelos que representen los procesos químicos a nivel microscópico.

INTEGRANTES:

_____

_____

_____

1. CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO A TRÁVES DE LA HISTORIA

Leer el siguiente texto y reconocer el desarrollo histórico en la construcción del concepto de reacción química.

"La afinidad electiva en las reacciones químicas"

El interés por encontrar una explicación al origen de las reacciones químicas dio paso a que en el siglo XVIII, se atribuyera éste origen a fuerzas atractivas especiales entre sustancias específicas las cuales fueron llamadas **afinidades electivas** (Holmes, 1962). El principal aporte para la época sobre el tema lo realizó Newton en su obra titulada ***Óptica***, allí establece que, entre las partículas de los materiales, existen fuerzas de gran intensidad que solo se manifiestan a distancias muy pequeñas. Estas fuerzas, deberían tener cierta magnitud de acuerdo con el material del cual forman parte, y ser comparables con las de otros materiales a través de las reacciones químicas, (lo anterior debido a que las reacciones permitirían medir las fuerzas que unen los cuerpos). Esto trajo como consecuencia que las fuerzas fueran la explicación de la formación de los enlaces químicos y de las transformaciones de los enlaces cuando ocurre una reacción química (Stengers, 1991).

Los químicos del siglo XVIII realizaron un registro detallado de las afinidades de los materiales (sustancias químicas) de acuerdo con su reactividad con otros y sistematizadas en tablas. El primero en realizar una tabla de afinidades fue Geofrey en el año de 1718. Esta tabla estaba formada por dieciséis columnas, cada columna contenía una serie de sustancias organizadas en orden decreciente de afinidad con respecto a la primera sustancia de la columna, las sustancias ubicadas en la parte superior de cada columna desplazan a las que se encuentran debajo de ellas cuando ocurre una reacción química (Quílez P, 2002).

Posterior a la tabla de Geofrey se realizaron otras tablas, pero la más significativa es la de Bergman presentada en 1775, elaborada a partir del estudio de las reacciones de desplazamiento. Su valor radica en que organizó las sustancias en 49 columnas, donde describió de forma detallada las reacciones químicas y sus condiciones.

Adicionalmente, logró explicar la razón por la que algunas reacciones se producen de forma inversa, hecho que no se podía predecir a partir de la tabla y que era considerado como una de las tantas situaciones anómalas que puede tener una reacción. Para Bergman, las reacciones eran completas y se daban en un solo sentido, y aunque, observó que factores como la cantidad de sustancia, la solubilidad de esta y la temperatura intervienen en las reacciones químicas y pueden dar origen a la formación o no de gases, los consideró como situaciones anómalas producto de un mal trabajo experimental ya que se encontraba convencido de que las afinidades electivas de las sustancias establecían el desarrollo de la reacción (Quílez P, 2002).

2. ACTIVIDAD

Construye tu conocimiento con ayuda del siguiente trabajo experimental.

MATERIALES Y REACTIVOS

- 1 Tubo de ensayo
- Gotero con Tiosultato de sodio ($Na_2S_2O_3$) 0.1
- Gotero con Ácido clorhídrico (HCl)1M
- Gotero con Hidróxido de sodio (NaOH) 0.8M
- Gotero con Fenolftaleína

EXPERIMENTA

a. Reacción entre el Tiosulfato de Sodio y el Ácido Clorhídrico

Tomar el tubo de ensayo y adicionar 15 gotas de Tiosulfato de sodio, tapar el tubo de ensayo y agitar, luego dejar reposar el tubo de manera vertical (tiempo cero).

Registrar lo observado durante el avance de la reacción en la siguiente tabla. ***(NOTA: En la tabla, escribir en los espacios vacíos que corresponde a EN PROGRESO y FINALIZADO la palabra SI o NO según corresponda).***

Tiempo (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
En progreso										
Finalizado										
Observaciones										

Al agregar una disolución de ácido clorhídrico a una de Tiosulfato de Sodio se produce Dióxido de Azufre gaseoso, Cloruro de Sodio en disolución, Azufre que se precipita y Agua, reacción representada en la siguiente ecuación química.

$$Na_2S_2O_{3(ac)} + 2HCl_{(ac)} \rightarrow SO_{2(g)} + 2NaCl_{(ac)} + S_{(s)} + H_2O_{(l)}$$

¿De acuerdo con la información y lo observado en el experimento, se puede establecer que la reacción se completó y finalizó? ¿Qué evidencias permiten llegar a esa conclusión? Justificar la respuesta.

_____
_____
_____

¿Se puede establecer a partir de lo observado en el experimento que NO se completó la reacción? ¿Qué evidencias permiten llegar a esa conclusión? Justificar la respuesta.

_____
_____
_____

b. Representación microscópica de la reacción

Para cada uno de los siguientes momentos de la reacción: el estado inicial de la reacción, la reacción en progreso y final de la transformación, realizar un dibujo que represente a nivel microscópico cada evento. En cada caso, escribir las razones por la cuales se eligió el correspondiente dibujo para representar cada uno de los momentos.

Momento de la reacción	Dibujo	Justificación
Inicio de la reacción		
Reacción en progreso		
Final de la transformación		

Al contenido del tubo de ensayo agregar 3 gotas de fenolftaleína y adicionar 5 gotas de hidróxido de sodio, tapar el tubo y agitar. Registrar lo observado detalladamente

_____
_____

Adicionar de nuevo hidróxido de sodio, esta vez poco a poco, hasta observar que la coloración rosa presentada en el tubo por la adición del hidróxido no desaparece rápidamente. Registra lo observado en el contenido del tubo y realiza una Justificación de lo ocurrido.

_____
_____
_____

Referencias

Holmes, F. L. (1962). From elective Affinities to Chemical Equilibria: Berthollet`s Law of mass Action . En *Chymia* (págs. 105-145). University of California Press.

Quílez P, J. (2002). Aproximación a los orígenes del concepto de equilibrio químico: algunas implicaciones didácticas. *Profesores al día. Fisicoquímica.*, 101-112.

Stengers, I. (1991). La afinidad ambigua: el sueño newtoniano de la Química del Siglo XVIII. (Serres, Ed.) *Historia de las Ciencias*, 337-362.

ANEXO C

EJERCITO NACIONAL
LICEO DEL EJERCITO "PATRIA" - SECTOR NORTE "B"
LICEO "COLOMBIA"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
QUÍMICA

EFQM
Committed to excellence
2013

TRABAJO EXPERIMENTAL GRUPAL

ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE UNA REACCIÓN QUÍMICA

"REACCIÓN ENTRE EL NITRATO FÉRRICO Y TIOCIANATO DE POTASIO"

Eje Temático	Equilibrio químico
Competencias	1. Capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas pertinentes sobre estos fenómenos. 2. Capacidad para construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos.
Objetivo de aprendizaje	Reconocer por medio del trabajo experimental algunas características que permiten identificar una reacción incompleta

INTEGRANTES:_____
_____
_____

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO A TRÁVES DE LA HISTORIA

Leer el siguiente texto y reconocer el desarrollo histórico de la construcción del concepto de reacción reversible (reacción incompleta) y el papel de la concentración de la sustancia en dicha reacción.

"El papel de las masas de los reactivos y de los productos, en una reacción química"

Jean Claude Berthollet, médico y químico francés, realizó una nueva propuesta sobre la teoría de afinidades de las sustancias, publicada entre los años de 1800 y 1803, luego de una serie de descubrimientos hechos por él en su trabajo y en la campaña con Napoleón Bonaparte en Egipto de la cual hizo parte. La nueva teoría, reevaluaba las creencias sobre la composición química de los compuestos y la naturaleza de las reacciones químicas que tenían los científicos de la época.

La experiencia más significativa que dio origen a la propuesta de Berthollet ocurrió cuando acompaño a Napoleón a Egipto, allí observó que a las orillas de un lago se producía continuamente carbonato de sodio, formado a partir del contacto entre el cloruro de sodio del agua de mar y carbonato de calcio que se encontraba en el fondo del lago. Para Berthollet era fascinante, ya que la misma reacción realizada en el laboratorio producía muy poco carbonato de sodio. Dicho fenómeno, fue explicado por Berthollet debido a la presencia de grandes cantidades de cloruro de sodio y carbonato de calcio en el lago, así como, a la extracción de carbonato de sodio de la orilla del lago, y al cloruro de calcio que se filtraba por debajo del suelo. Esto le mostro a Berthollet que, las cantidades de reactivos en el lago, comparadas con las de los productos mantienen la reacción, situación que no ocurriría solo por acción de las afinidades de las sustancias.

Hechos como el del episodio del lago en Egipto y los múltiples experimentos desarrollados por Berthollet, lo llevaron a la conclusión de que las cantidades relativas de la sustancias influyen en la dirección y extensión de la reacción (Holmes, 1962). Con lo anterior, se afirma que la introducción del factor masa permitió explicar la ocurrencia de reacciones incompletas, además de que las reacciones directas e inversas eran viables (Quílez P, 2002).

Los trabajos desarrollados por Berthollet se consideran como las primeras presentaciones cualitativas de: las reacciones reversibles, del equilibrio de una reacción y del papel de las masas de los reactivos y productos (hoy identificado como concentración) en el establecimiento del equilibrio en una reacción química (Holmes, 1962).

EJERCITO NACIONAL
LICEO DEL EJERCITO "PATRIA" - SECTOR NORTE "B"
LICEO "COLOMBIA"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
QUÍMICA

EFQM Committed to excellence 2013

ACTIVIDAD

Construye tu conocimiento con ayuda del siguiente trabajo experimental.

MATERIALES Y REACTIVOS

- 4 tubos de ensayo
- Gotero con Nitrato Férrico ($Fe(NO_3)_3$) 0.1M
- Gotero con Tiocianato de Potasio (KSCN) 0.1M

EXPERIMENTA

1. Reacción entre el Nitrato Férrico y el Tiocianato de Potasio

a. En un tubo de ensayo agregar 1 gota de Nitrato Férrico y 1 gota de Tiocianato de Potasio. Posteriormente diluir el contenido del tubo adicionando agua hasta llenarlo 3/4 de su volumen. Registrar lo observado.

_____
_____
_____

b. Cuando se une una disolución de Nitrato Férrico ($Fe(NO_3)_3$) 0.1M con una disolución de Tiocianato de Potasio (KSCN) 0.1M, reaccionan para producir una disolución acuosa de Nitrato de Potasio (KNO_3) y Tiocianato férrico (de color rojo-sangre por la formación del ión complejo $[Fe(SCN)(H_2O)_5]^{2+}{}_{(ac)}$). El evento descrito es representado por medio de la siguiente ecuación iónica parcial:

$$Fe^{3+}{}_{(ac)} + SCN^{-}{}_{(ac)} \rightarrow FeSCN^{2+}{}_{(ac)}$$

¿De acuerdo con la información y lo observado en el experimento, se puede establecer que la reacción se completó? ¿Qué evidencias permiten llegar a esa conclusión? Justificar la respuesta.

_____
_____
_____

c. Dibujar una representación microscópica del inicio, el transcurso y el final de la reacción. Justificar la propuesta de dibujo para cada momento de la reacción.

Momento de la reacción	Dibujo	Justificación
Inicio de la reacción		

Reacción en progreso		
Transformación finalizada		

d. Tomar el contenido del tubo (de color naranja pálido por la dilución con agua realizada al inicio) y dividirlo en tres tubos de ensayo en partes iguales (aproximadamente). Marcar los tubos con las letras A, B y C respectivamente. Adicionar al tubo A, 1 gota de nitrato y al tubo B, 1 gota de tiocianato, posteriormente agregar al tubo A, 2 gotas de nitrato y al tubo B, 2 gotas de tiocianato. Comparar los resultados de cada tubo con el tubo C (tubo con el contenido inicial, sin modificar) y registrar lo observado en la siguiente tabla.

Reactivos adicionados al contenido de los tubos A y B	**Cambios observados en el contenido del tubo**
1 gota de nitrato férrico	
2 gotas de nitrato férrico	
1 gota de tiocianato de potasio	
2 gotas de tiocianato de potasio	

¿Qué se puede concluir de lo observado en los tubos A y B luego de adicionar el nitrato férrico y el tiocianato de potasio respectivamente?

_____

_____

¿Qué puede ocurrir en el sistema (reacción) si se sigue adicionando nitrato férrico en el tubo A y tiocianato al tubo B? Justificar la respuesta.

_____

_____

EJERCITO NACIONAL
LICEO DEL EJERCITO "PATRIA" - SECTOR NORTE "B"
LICEO "COLOMBIA"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
QUÍMICA

EFQM Committed to excellence 2013

¿La representación microscópica del sistema (reacción) cambiaría con la adición del tiocianato y del nitrato? Dibujar la nueva representación para cada caso y justificar la elección.

Dibujo	Justificación
Para la adición del nitrato	
Para la adición del tiocianato	

Referencias

Holmes, F. L. (1962). From elective Affinities to Chemical Equilibria: Berthollet`s Law of mass Action . En *Chymia* (págs. 105-145). University of California Press.

Quílez P, J. (2002). Aproximación a los orígenes del concepto de equilibrio químico: algunas implicaciones didácticas. *Profesores al día. Fisicoquímica.*, 101-112.

ANEXO D

EJERCITO NACIONAL
LICEO DEL EJERCITO "PATRIA" - SECTOR NORTE "B"
LICEO "COLOMBIA"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
QUÍMICA

EFQM Committed to excellence 2013

TRABAJO EXPERIMENTAL GRUPAL

ANÁLISIS DE LA REVERSIBILIDAD DE UNA REACCIÓN

Eje Temático	Equilibrio químico
Competencias	1. Capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas pertinentes sobre estos fenómenos. 2. Capacidad para construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos.
Objetivo de aprendizaje	Reconocer por medio del trabajo experimental algunas características que permiten identificar una reacción reversible.

INTEGRANTES:_____

CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO A TRÁVES DE LA HISTORIA

Lee el siguiente texto y reconoce el desarrollo histórico en la construcción del conocimiento.

Estudio de las reacciones reversibles en el Siglo XIX

A principios del siglo XIX, se encontraba consolidada la teoría de las afinidades electivas que daba explicación al origen de las reacciones químicas por lo que era soporte teórico para el trabajo experimental de los químicos de la época. Este hecho hizo que no tuviera acogida las ideas de Berthollet, en las que consideraba que además de las afinidades electivas se debería tener en cuenta el factor masa en la ocurrencia de las reacciones químicas. Más adelante, a mediados del siglo XIX, nuevos experimentos dieron paso a que se retomaran las ideas de Berthollet y se reformularan. Entre los años 1855 y 1859, Gladston trabajo con reacciones químicas en disolución, con el fin de determinar si éstas reacciones alcanzaban el equilibrio, tal y como lo había afirmado Berthollet medio siglo antes (Quílez P, 2002). Para ello, una de las reacciones utilizadas por Gladston fue la reacción entre el hierro (III) y el sulfocianuro ($Fe^{3+}{}_{(ac)} + SCN^{-}{}_{(ac)} \leftrightarrow FeSCN^{2+}{}_{(ac)}$). Según Gladston, para que la reacción fuese **completa** deberían reaccionar proporciones equivalentes de reactivos, lo que formaría como producto un complejo cuya coloración roja alcanzaría su máxima intensidad (Quílez P, 2002). Pero, si la reacción es **incompleta** de acuerdo con lo establecido por Berthollet, entonces, al adicionar cierta cantidad de cualquiera de los reactivos se formaría por lo tanto más producto y como consecuencia aumentaría la intensidad del color rojo (Quílez P, 2002). Este evento descrito fue corroborado en el laboratorio. Otros científicos que trabajaron con reacciones en disolución en el año de 1862 fueron Berthelot y Saint-Gilles, quienes utilizaron reacciones de esterificación (alcohol + ácido ↔ éster + agua), y en las que notaron que eran **reacciones incompletas**, que lentamente alcanzaban un **equilibrio**, el cual podía obtenerse si la reacción iniciaba a partir del alcohol y el ácido o si comenzaba entre el éster y el agua.

Los trabajos desarrollados por Berthelot y Gilles sirvieron de base para que más adelante en 1864, Guldberg y Waage desde un punto de vista mecanicista, establecieran que: en una reacción simple (**reversible**) se ponen de manifiesto dos fuerzas, una de descomposición y la otra de formación, las cuales deben ser consideradas si se quiere establecer una expresión matemática de estas fuerzas. Para estos científicos, las fuerzas eran proporcionales a las masas activas (lo que hoy se conoce como molaridad) y se encontraban elevadas a un exponente, cuyo valor era determinado a partir de datos experimentales. La relación matemática entre estas dos fuerzas y datos experimentales tomados de reacciones químicas en equilibrio (incompletas y reversibles), permitió que Guldberg y Waage, dieran la primera aproximación matemática de lo que hoy se conoce como constante de equilibrio (Kc).

EJERCITO NACIONAL
LICEO DEL EJERCITO "PATRIA" - SECTOR NORTE "B"
LICEO "COLOMBIA"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
QUÍMICA

EFQM Committed to excellence 2013

ACTIVIDAD

Construye tu conocimiento con ayuda del siguiente trabajo experimental.

MATERIALES Y REACTIVOS

- Tubo de ensayo
- Gotero con una disolución alcohólica del ión complejo de tetracloruro de cobalto $[CoCl_4]^{2-}$
- Gotero con una disolución alcohólica saturada de cloruro de calcio $CaCl_2$
- Gotero con agua destilada.

EXPERIMENTA

1. Reacción entre el ión complejo de tetracloruro de cobalto y el agua.

Colocar 20 gotas de disolución alcohólica de iones (aniones) complejos de tetracloruro de cobalto(II) dentro del tubo de ensayo, luego adicionar 3 gotas de agua. Registrar lo observado. Explica las razones de lo ocurrido.

_____

_____

_____

Cuando se adiciona agua a una disolución alcohólica de iones complejos de tetracloruro de cobalto(II) se produce una disolución con cationes complejos de cobalto(II) hexahidratado y aniones de cloro, de acuerdo con la siguiente ecuación iónica:

$$[CoCl_4]^{2+}{}_{(solv)} + 6H_2O_{(solv)} \rightarrow [Co(H_2O)_6]^{2+}{}_{(solv)} + 4Cl^-{}_{(solv)}$$

Realizar una representación microscópica de proceso observado en el siguiente cuadro.

Inicio de la reacción	Transcurso de la reacción	Transformación finalizada

2. Reacción entre la disolución alcohólica saturada de cloruro de calcio y el contenido del tubo del punto anterior.

Adicionar 3 gotas de la disolución alcohólica saturada de cloruro de calcio al contenido del tubo, observar lo ocurrido. Luego, tapar el tubo de ensayo y agitar. Registrar a continuación lo observado y justificarlo.

_____

_____

Si se adiciona una disolución alcohólica saturada de cloruro de calcio a una disolución de cationes complejos de cobalto hexahidratado y aniones de cloro se produce aniones complejos de tetracloruro de cobalto y agua.

$$[Co(H_2O)_6]^{2+}{}_{(solv)} + 4Cl^-{}_{(solv)} \rightarrow [CoCl_4]^{2+}{}_{(solv)} + 6H_2O_{(solv)}$$

a. Realizar un dibujo con la representación microscópica del **proceso antes de agitar** en el siguiente cuadro.

EJERCITO NACIONAL
LICEO DEL EJERCITO "PATRIA" - SECTOR NORTE "B"
LICEO "COLOMBIA"
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
QUÍMICA

Inicio de la reacción	Transcurso de la reacción	Transformación finalizada

b. Realizar un dibujo con la representación microscópica del proceso **después de agitar**.

Inicio de la reacción	Transcurso de la reacción	Transformación finalizada

c. ¿Qué se puede concluir si se comparan los procesos entre sí? Justificar la respuesta.

_____
_____
_____
_____
_____

Referencias

Holmes, F. L. (1962). From elective Affinities to Chemical Equilibria: Berthollet`s Law of mass Action . En *Chymia* (págs. 105-145). University of California Press.

Quílez P, J. (2002). Aproximación a los orígenes del concepto de equilibrio químico: algunas implicaciones didácticas. *Profesores al día. Fisicoquímica.*, 101-112.

Stengers, I. (1991). La afinidad ambigua: el sueño newtoniano de la Química del Siglo XVIII. (Serres, Ed.) *Historia de las Ciencias*, 337-362.

ANEXO E

GUIA 1

ANALISIS DEL DESARROLLO DE UNA REACCIÓN-REACCIÓN COMPLETA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES

"REACCIÓN ENTRE EL TIOSULFATO DE SODIO Y EL ÁCIDO CLORHÍDRICO"

ITEMS DE LA GUÍA	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6	GRUPO 7
¿De acuerdo con la información y lo observado en el experimento, se puede establecer que la reacción se completo y finalizó?¿qué evidencias permiten llegar a esa conclusión?	Sí, ya que se observó un cambio de color y formación de un precipitado producto de la rección.	si finalizó porque no se evidencian más cambios de color después de 10 minutos, se produce azufre que se precipita y se acumula en el fondo del tubo de ensayo.	si finalizó, se puede observar que ya no cambia más de color como lo hizo desde inicio hasta el minuto 9 aproximadamente, y no se empaña por lo tanto no se ha generado un gas.	basandonos en el cambio de color de la reacción podemos concluir que la reacción finalizó.	si, ya que pudimos obsevar que en el minuto 2 el color de la reacción se mantuvo y no hubo más cambios.	si ya que no se observaron cambios, se mantiene el color por más de dos minutos, el color demuestra la precipitación del azufre.	si, nos permite llegar a la conclusión evidencias como la solidificación completa, la presencia de vapor y la finalización de cambio de color.
¿Se puede establecer a partir de lo observado en el experimento que NO se completo la reacción?¿qué evidencias permiten llegar a esa conclusión?	sí se completó ya que luego de un intervalo de tiempo no se evidencia más cambio en el color así se podría concluír que finalizó la reacción por se acaba el reactivo el límite.	si se completo por motivos explicados anteriormente.	si finalizó porque después del tiempo no se observaron más cambios.	No la reacción si finalizó, ya que después de los 6 minuos no se observaron cambios de color.	la reacción si se completo ya que después de cierto tiempo se dejaron de evidenciar cambios en la coloración de la reacción.	si la reacción no se ha completado se seguiría evidenciando cambios en su aspecto y color.	A pesar de que nuestra reacción si culminó, se podría decir que lo contrario sería que la reacción siga cambiando de color.
Justificaciones de los estudiantes por la representación microscópica de la reacción(inicio, progreso y final de la reacción).	Inicio: representaciones de las especies químicas que participan por aparte. En progreso: se indica por medio de flechas la reacción entre las especies químicas.Final: los productos son representados de forma diferente a las especies iniciales.	Inicio: por una molécula de tiosulfato deben reaccionar dos de ácido clorhídrico, las flechas indican el inicio de las colisiones moleculares. En progreso: se evidencian colisiones constantemente entre moléculas. Final: se obtienen nuevos productos conservando la ley de la conservación de la materia.	Inicio: en primeros minutos no se vieron cambios eso porque las moléculas de los reactivos no comenzaron a unirse.En progeso: después del minuto 4 se observan cambios y se	Inicio: al iniciar se añadió tiosulfato de sodio y ácido clorhídrico. En progreso: concluímos a simple vista que la reacción se encontraba en progreso mientras se observaban cambios de color. Final: cuando no se observan cambios de color en la reacción concluimos que esta había finalizado.	Inicio: tiosulfato de sodio y ácido clorhídrico. En progreso: azufre, cloruro de sodio, óxido de azufre y agua.Final: azufre, agua, óxido de azufre y cloruro de azufre.	Inicio: se puede observar que mantienen una posición los reactivos. En progreso: a medida que pasa el tiempo cada partícula empieza a reaccionar para formar el nuevo producto. Final: se puede concluir que un choque y dirección específica son los que permiten que la reacción finalice y se obtenga este producto.	Inicio: empezamos al unir todos los reactivos. En progreso: se unen todos los reactivos. Final: se forman los nuevos reactivos.
Observaciones de los estudiantes luego que se agrego hidróxido de sodio.	contenido del tubo se toma fucsia, color que va desapareciendo, en la parte inferior de recipiente se precipita azufre identificado por su color amarillo.	al agregar el hidróxido se observa un color fucsia pero finalmente volvió a la coloración anterior porque el hidróxido no alcanzó a consumir el resto de reactivos.	empezó a tomar color rojizo más fuerte se observa en la parte superior de la reacción.	el hidróxido de sodio reacciona con los productos que habían en el tubo hasta que la coloración permanece rosada.	la coloración fucsia que presentaba en la reacción con el transcurso del tiempo fue cambiando a un color más transparente.	la fenoftaleína indica la presencia de hidróxidos por lo tanto se puede observar que cambia de color, se agita y vuelve a su normalidad.	empieza a tomar un color rojizo y se concentra en la parte superior.

GUIA 2

ANALISIS DEL DESARROLLO DE UNA REACCIÓN-REACCIÓN COMPLETA POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES

"REACCIÓN ENTRE EL NITRATO FÉRRICO Y TIOCIANATO DE POTASIO"

ITEMS DE LA GUÍA	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6	GRUPO 7	GRUPO 8
¿De acuerdo con la información y lo observado en el experimento, se puede establecer que la reacción se completó? ¿qué evidencias permiten llegar a esa conclusión? Justifica tu respuesta..	Si, ya que no se evidencian más cambios físico en la reacción, también a partir de esto se podría decir que se consumió el reactivo límite.	Creemos que la reacción si se completo ya que no se observa ningún cambio después de obtener el color rojo sangre.	se puede concluir que la reacción se completo porque no hubo más cambios, el reactivo límite se consumió.	La reacción si finalizó pero es diluida en agua.	concluímos que se completo la reacción, ya que no hemos observado más cambios en el transcurso del tiempo.	si ocurrió la reacción ya que las evidencias como la coloración lo muestran.	se cumplió debido a que se observó cambio de coloración.	la reacción no se ha completado porque los reactivos no se han consumido totalmente.
Justificaciones de los estudiantes por la representación microscópica de la reacción(inicio, progreso y final de la reacción.	Inicio: representación de las sustancias que van a reaccionar. En progreso: se representan las sustancias unidad ya que están reaccionando. Final: se represena las dos sustancias unidas y el producto continuamente formado.	Inicio: reactivos iniciales. En progreso: choque de reactivos antes de culminar la reacción. Final: formación de productos.	Inicio: adición de los reactivos. En progreso: se produce un color rojo Final. Al adicionar el agua se toma un color más claro ya que baja la concentración.	Inicio: iniciamos la reacción agregando nitrato férrico y tiocianato de potasio. En progreso: se muestra cuando los reactivos se fusionan. Final se muestra el producto diluído.	Inicio: se puede apreciar que la reacción no ha empezado y las moléculas no han reaccionado.En progreso: representación de los reactivos cuando se enlazan. Final: reacción finalizó se muestran los nuevos productos.	Inicio: muestra los reactivos que participan. En proceso: se observa la unión de moléculas de cada reactivo para obtener FeSCN2+ y lograr una coloración rojo sangre	Inicio: representación de los reactivos. En progreso: formación de productos. Final: Formación de productos.	Inicio: los reactivos están presentes antes de iniciar la reacción. En progreso: se forman los productos aunque siguen presentes parte de los reactivos. Final: siguen presentes parte de los reactivos.
Conclusiones de los estudiantes por la adición de nitrato férrico y tiocianato de potasio.	Al agregar el nitrato férrico se torna un color más rojizo por el ión complejo formado y entre más cantidad se agrega más rojizo es.	se puede concluir que la reacción no finalizó, pues a medida que se agregan más gotas se siguen observando cambios de color.	se observan cambios al adicionara los respectivos reactivos en cada tubo.	podemos concluir que el nitrato es la sustancia más reactiva de las tres utilizadas	se noto más la reacción del tubo A (nitrato férrico) que en el tubo B (tiocianato de potasio).	al comparar las sustancias de cada tubo con el tubo de la reacción original se puede concluir que la reacción no se completo, ya que aún quedaban iones del nitrato férrico y del tiocianato.	la reacción no se completo debido a que siguió reaccionando.	no ha concluído la reacción ya que al agregar los reactivos vuelve a reaccionar.
predicciones de los estudiantes frente a la adición continua y gradual de nitrato férrico y tiocianato de potasio	En cada tubo al agregar ciertas cantidades de reactivos va a ocurrir la reacción y siempre que los reactivos se consuman es finalizada la reacción.	se observa un cambio de color a medida que se van consumiendo los reactivos. El color es más intenso.	Aumentará más la concentración y por lo tanto su color es más oscuro, pero habra un punto en el cual no pasará nada porque en cada tubo se consumira todo.	exceso de nitrato férrico en el tubo A. exceso de tiocianato en el tubo B.	se presentará una coloración más rojiza	Si se sigue agregando cada reactivo en su respectivo tubo el producto será más oscuro debido a que la reacción no se ha completado seguirá en proceso hasta terminar.	seguirá reaccionando y cambiando de color.	la coloración seguirá aumentando.
La representación microscópica del sistema cambiara con la adición del nitrato y tiocinato.	las cantidades relativas de las sustancias influyen en la reacción, más específicamente en una reacción reversible.	parecido al sistema microscópico del experimento anterior, la sustancia influye en la dirección y en la extensiónde la reacción, por lo tanto el factor masa influye.	llega un punto en el que se consumen los reactivos y no hay más reacción.	muestra las reacciones con la adición de nitrato férrico y tiocianato.	se presentaría una mayor cantidad de moléculas de cada uno de los reactivos	hay más nitrato ferroso y tiocianato de potasio, haciendo que cambie la reacción.	la reacción no se completo ya que al agregar un poco más de reactivo sigue reaccionando.	se observan reactios debido a la presencia de tiocianato de potasio y de nitrato ferrico.

GUIA 3

ANÁLISIS DE LA REVERSIBILIDAD DE UNA REACCIÓN

ITEMS DE LA GUÍA	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6
Representaciones microscópicas de la reacción entre el ión complejo de tetracloruro de cobalto con el agua.	Inicio: realizan representaciones de los reactivos estableciendo una relación molar. Transcurso: interacción entre el agua y el ión tetracloruro. Final: representación del ión complejo de cobalto y el ión cloro en relaciones estequiometricas.	Registro del transcurso de la reacción	las representaciones microscópicas no tienen presente la ley de conservación de la masa.	registro de la evolución de la reacción sin mostrar la presencia de iones.	no se realiza una representación adecuada, se limitaron a mostrar un cambio de color.	representación sencilla de la reacción, ignora la estructura de algunas sustancias.
Observaciones y justificaciones de los estudiantes luego de la adición de una disolución alcohólica saturada de cloruro de calcio.	se observa una coloración azul en la parte superior del tubo que al agitar nuevamente toma la coloración rosa palido, esto quiere decir que la reacción es reversible ya que el agua actua como una fuerza de descomposición y el CaCl2 actua como una fuerza de formación.	es una reacción reversible, identicado por la fuerza de descomposición y formación.	descripción con cambio de coloración.	no se da una justificación correcta al evento observado, solo descriptivo en cuanto al cambio de color.	se observa cambio de color.	el cambio de coloración indican el desarrollo de la reacción
Representaciones microscópicas de la reacción con la adición de una disolución alcohólica saturada de cloruro de calcio antes y después de agitar.	se muestran las sustacias en relaciones estequiometricas	reaizan unas representaciones a color velando por que se cumpla la ley de la conservación de la materia	muestra el proceso a nivel microscópico por medio de colores evidenciando la reversibilidad de la reacción.	represetan el cambio parcial de la reacción al adicionar las gotas de la disolución alcoholica del cloruro para luego graficar la obtención de los iones hexahidratados.	no registran con claridad lo ocurrido en la reacción.	No son bien representadas las sustancias en la reacción se olvida que se tratan de sustancias iónicas algunas.
Conclusiones de los estudiantes al comparar los procesos antes y después de la adición de la disolución alcohólica saturada de cloruro de calcio.	se concluye que la reacción es reversile.	se concluye que la reacción es reversibe, porque al inicio da una coloración rosada pero al agregar la disolución alcohólica de cloruro de calcio regresa a azul.	la reacción es reversible por las evidencias.	la reacción es reversible, se limita a dar una explicación fenomenológica de la reacción.	concluyeron que es una reacción reversibe e incompleta, por los cambios de color.	el cambio de color indca el desarrollo de la reacción y el sentido.