

DESCRIPCIÓN MODERNA DEL EQUILIBRIO QUÍMICO IMPLICADO EN LAS
REACCIONES ÁCIDO-BASE: MEDIADA POR UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

ANDRÉS FELIPE AGUIRRE MARÍN
LICENCIADO EN QUÍMICA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA – DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
2018

DESCRIPCIÓN MODERNA DEL EQUILIBRIO QUÍMICO IMPLICADO EN LAS
REACCIONES ÁCIDO-BASE: MEDIADA POR UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

ANDRÉS FELIPE AGUIRRE MARÍN

Trabajo de Investigación presentado como requisito para optar al título de Magister en
Docencia de la Química

DIRECTOR: DIEGO ALEXANDER BLANCO

Magíster en Química.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN: Didáctica y sus ciencias

Universidad Pedagógica Nacional

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA – DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA

2018

Nota de Aceptación

Firma Director

Firma Evaluador Interno

Firma Evaluador Externo

DEDICATORIA

Primeramente a mis padres María Yaqueline Marín y Luis Enrique Aguirre por todo su apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi formación personal, profesional y espiritual.

Adicional a ello, a toda mi familia Aguirre y mi familia Marín, y de manera más específica a mi tía Blanca Cecilia Marín y a mis primos Stephanie Aguirre y Johan Felipe Criales que me han apoyado en cada paso que doy en mi vida profesional, dándome alientos para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS


Primeramente a la Universidad Pedagógica Nacional que me abrió las puertas para formarme como un profesional de la educación en ciencias, que ha estado presente en mí, desde que inicié mis estudio de pregrado como Licenciado en Química, siendo mi alma mater.

Agradezco a mi director de trabajo de investigación, Magister Diego Alexander Blanco, quien ha sido veedor de un trabajo riguroso e innovador para la educación en ciencias. Además del apoyo incondicional, de sus consejos y sus críticas constructivas que me brindó a lo largo del desarrollo de este proceso.

A la Maestría en Docencia de la Química y los docentes que brindaron una gran experiencia en mi formación de postgrado, en especial los docentes Yolanda Ladino, Jaime Augusto Casas, Diego Alexander Blanco, y Yair Alexander Porras, quienes me dan un buen ejemplo para continuar cada día con esta bella profesión.

A mis padres Luis Enrique Aguirre y María Yaqueline Marín, y mi tía Blanca Cecilia Marín, quienes han sido mis grandes inspiraciones y mis motores de vida, que me brindan todo su apoyo incondicional en cada paso que doy, los seres más importantes de mi vida.

Finalmente, a mis grandes amigos Camila Ortiz, Tatiana Campos, Felipe Paredes, Andrea Albornoz, Gabriela Rodríguez, Laura Páez, y Leydi Nova, quienes han estado pendiente de este proceso y gran paso para mi vida personal y profesional; y que a su vez han sido cómplices en cada uno de los momentos fáciles y difíciles que ocurrieron a lo largo de esta etapa de mi vida.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 4	

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de grado de maestría de investigación.
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Descripción moderna del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base: mediada por una estrategia didáctica.
Autor(es)	Aguirre Marín, Andrés Felipe
Director	Blanco, Diego Alexander
Publicación	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2018. 91 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	EQUILIBRIO QUÍMICO; NIVELES DE COMPRENSIÓN; ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN.

2. Descripción
<p>Esta investigación se realizó en base a las dificultades en los procesos de enseñanza-aprendizaje que se evidenciaron en el Gimnasio Académico Regional de Suba, más específicamente en un grupo de estudiantes de grado undécimo, debido a que desconocían una gran área de estudio de la química como lo es el estudio sistemático del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base, de modo que se realizó una investigación fundamentada al modelo de la enseñanza para la comprensión (EpC), planteando unos indicadores que permitieron categorizar a los estudiantes según su nivel de comprensión referente al área de estudio en 3 momentos del desarrollo e implementación de una estrategia didáctica, en la cual se realizaron diferentes actividades que facilitan el proceso de categorización, siendo las más significativas el desarrollo de un test de identificación de la comprensión de los estudiantes en un estado inicial, la descripción de sistemas en equilibrio acorde a las etapas analíticas planteadas por (Clavijo Díaz, 2002), y finalmente el desarrollo e implementación de una hoja de cálculo de Excel como herramienta conceptual y metodológica para la aproximación del estudio sistemático del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base.</p>

3. Fuentes

- Bermudez, G., & De Longhi, A. L. (2011). Niveles de comprensión del equilibrio químico en estudiantes universitarios a partir de diferentes estrategias didácticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 264-288.
- Castañó, E. H. (2012). *Enseñanza del equilibrio químico haciendo uso de las TICs para estudiantes del grado once de enseñanza media*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Clavel, M. S., & Torres, J. E. (2010). La enseñanza para la comprensión como marco conceptual para el mejoramiento de la calidad educativa: La estrategia de la evaluación integrada. *Congreso Iberoamericano de Educación Metas 2021*. Buenos Aires.
- Clavijo Díaz, A. (2002). *Fundamentos de Química Analítica. Equilibrio Iónico y Análisis Químico*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Colmenares E., A. M., & Piñeros M., M. L. (2008). La investigación acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. *Revista Laurus.*, 96-114.
- Garritz, A., Irazoque, G., & Izquierdo, M. (Julio de 2012). Chemistry teachers pedagogical content knowledge on chemical equilibrium. *Proceedings of Edulearn*, 3979-3983.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Huerta, P., & Irazoque, G. (2009). El equilibrio químico, una investigación de aula. *Enseñanza de las Ciencias*(Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias), 2646-2650.
- Jubert, A., Pogliani, C., Tocci, A. M., & Vallejo, A. (2011). Enseñanza para la comprensión en un curso de química a distancia de nivel básico universitario. El blog como herramienta de trabajo. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 97-105.
- Moncaleano, H., Furió, C., Hernández, J., & Calatayud. (2003). Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. *Enseñanza de la Ciencias*, 111-118.
- Ramette, R. (1983). *Equilibrio y Análisis Químico*. (P. Fiedler, Trad.) Massachusetts: Fondo educativo interamericano.
- Ruiz, M. d., Peme, C., De Longhi, A. L., & Ferreyra, A. (2012). Enseñanza para la comprensión. Marco interpretativo de la construcción del conocimiento en clases de ciencias. *Revista Campo Abierto*, 113-137.
- Stone, M. (1999). *LA ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN*. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Terigi, F. (2009). La formación inicial de profesores de Educación Secundaria: necesidades de mejora, reconocimiento de límites. *Revista de Educación*, 123-144.
- Timberlake, K., & Timberlake, W. (2008). *Química* (Segunda Edición ed.). México D.F.: Pearson Educación.
- Valderrama, A. M. (2016). Reflexiones en torno a la aproximación cualitativa del concepto equilibrio químico en estudiantes de undécimo grado. *Revista Tecné, Episteme y Didáxis (TED).*, 672-680.
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 155-165.

4. Contenidos

Inicialmente se abarcan 1 objetivo general y 3 objetivos específicos, los cuales permiten orientar de manera satisfactoria el proceso de esta investigación, teniendo que:

General: Evaluar los niveles de comprensión de un grupo de estudiantes de media vocacional del Gimnasio Académico Regional de Suba, al implementar una estrategia didáctica fundamentada en el estudio sistemático del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base y en el modelo de la EpC.

Específicos:

- Identificar los niveles de comprensión en un estado inicial de los estudiantes de media vocacional acerca de los sistemas en equilibrio ácido-base, caracterizando sus niveles de comprensión.
- Estructurar e implementar una estrategia didáctica fundamentada en el modelo de la EpC, para el desarrollo progresivo de la comprensión de un grupo de estudiantes de media vocacional al abordar el estudio sistemático del equilibrio ácido-base.
- Analizar el nivel de comprensión progresivo de un grupo de estudiantes en términos conceptuales y metodológicos, del estudio sistemático del equilibrio ácido-base al implementar la estrategia didáctica.

Adicional a ello, los contenidos que se abordan en el trabajo de investigación se centran en un aspecto disciplinar y un aspecto didáctico con diversos tópicos que fundamentan dicha investigación, de tal manera se tiene que:

- ✓ *Aspectos didácticos:* Modelo de la enseñanza para la Comprensión; Pilares de comprensión: Tópicos generativos, metas de comprensión, desempeños de comprensión y evaluación diagnóstica continua; Niveles de comprensión: Ingenuo, novato, aprendiz, y maestro.
- ✓ *Aspectos académicos:* Concepción de equilibrio químico; Teoría ácido-base de *Brønsted-Lowry*; Estudio de equilibrios (etapas analíticas de sistemas en equilibrio); y Autoprotólisis del agua.

5. Metodología

Esta investigación se orienta desde una metodología cuantitativa, permitiendo desarrollarla e implementarla desde el tipo de investigación acción. Además, esta investigación se centró en el desarrollo e implementación de una estrategia didáctica en 4 etapas fundamentales (preliminar, documental, desarrollo y cierre) que permitieron orientar y categorizar a un grupo control de 11 estudiantes de grado undécimo del colegio Gimnasio Académico Regional de Suba, acorde a sus niveles de comprensión por medio de diversos instrumentos de recolección de datos, como lo fueron: Test de identificación del nivel de comprensión en un momento inicial, descripción sistemática del equilibrio implicado en las reacciones ácido-base, desarrollo e implementación de una hoja de cálculo de Excel para una aproximación de la visión moderna del equilibrio químico.

6. Conclusiones

A manera de conclusión se puede decir que, una estrategia didáctica diseñada para evaluar los niveles de comprensión de los estudiantes de media vocacional en términos conceptuales y metodológicos fundamentada en el modelo de la enseñanza para la comprensión, es determinante en el abordaje de diferentes situaciones experimentales y/o cotidianas que permitan la inmersión del concepto o la teoría de un tópico en específico en un contexto determinado. Adicional a ello, permite al docente una nueva estrategia para sus clases de ciencias que pueden ser enfocadas desde una nueva perspectiva, llegando así a favorecer de una mejor manera la comprensión de los estudiantes, teniendo en cuenta los diferentes niveles de comprensión que plantea el modelo de la EpC, con el fin de atender las necesidades de cada uno de los estudiantes para la enseñanza del tema a tratar, siendo estos niveles fundamentales para planear y desarrollar las clases de ciencias.

Los niveles de comprensión alcanzados por los estudiantes en términos conceptuales y metodológicos son los esperados, acorde a lo planteado en el desarrollo de la investigación y la implementación de la estrategia didáctica, ya que permitió la comprensión de diversos conceptos que se encuentran relacionados al estudio sistémico del equilibrio químico desde un pensamiento flexible, llegando a articularlo a diferentes situaciones experimentales y cotidianas en un contexto determinado, brindando así una buena comprensión en aspectos metodológicos como la flexibilidad de pensamiento en la experimentación y la aplicación de una hoja de Excel para la respectiva modelización matemática del sistema en equilibrio.

Finalmente para responder la pregunta de investigación se concluye que, los niveles de comprensión de un grupo de estudiantes que se evidencian al implementar una estrategia didáctica enfocada en el modelo de la EpC son “ingenuo, novato, aprendiz y maestro”, los cuales evidencian el proceso de enseñanza-aprendizaje de los sistemas en equilibrio ácido-base desde una visión moderna, generando así un pensamiento flexible sobre lo que conocen, que permita el análisis y la explicación de diferentes situaciones experimentales y cotidianas en un contexto determinado. Adicional a ello, el modelo de la EpC es pertinente para el abordaje de diferentes estrategias didácticas, propuestas de intervención, unidades didácticas, entre otros, debido a que se pueden categorizar los estudiantes según su nivel de comprensión en diferentes momentos, y se puede realizar un proceso más riguroso y preciso en la enseñanza y el aprendizaje de diversos temas que sean complejos en las ciencias naturales, como es el caso de los sistemas en equilibrio ácido-base.

Elaborado por:	Aguirre Marín, Andrés Felipe
Revisado por:	Blanco, Diego Alexander

Fecha de elaboración del Resumen:	19	12	2018
--	----	----	------

Contenido

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. General.....	14
3.2. Específicos.....	14
4. MARCO DE REFERENCIA.....	15
4.1. Marco de Antecedentes.....	15
4.1.1. Antecedentes Internacionales.....	15
4.1.2. Antecedentes Nacionales.....	20
4.2. Marco Teórico.....	22
4.2.1. Enseñanza para la Comprensión.....	22
4.2.2. Niveles de Comprensión.....	23
4.2.3. Concepción de Equilibrio Químico.....	24
4.2.4. Teoría Ácido-Base de Brønsted-Lowry.....	24
4.2.5. Estudio de Equilibrios.....	25
4.2.6. Autoprotólisis del Agua.....	25
4.2.7. Descripción de Equilibrios.....	26
5. METODOLOGÍA.....	30
5.1. Enfoque de Investigación.....	30
5.2. Tipo de Investigación.....	31
5.3. Fases Metodológicas.....	32
5.4. Estrategia Didáctica.....	33
6. Resultados y Análisis de Resultados.....	34
6.1. Ideas de comprensión.....	38
6.2. Matematización.....	48
6.3. Modelación Matemática.....	59
7. Conclusiones.....	84
8. Bibliografía.....	86
9. Anexos.....	88
9.1. Instrumento de identificación de comprensión.....	88
9.2. Evidencias Estrategia Didáctica.....	91
9.3. Evidencias “Producto Final”.....	94

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en la enseñanza de la química se han desarrollado diversas investigaciones y aportes desde la didáctica de la química, por lo que se involucran diferentes líneas de investigación enfocadas en un modelo pedagógico específico para su respectiva enseñanza. En otras palabras, surge la necesidad de cumplir los lineamientos que se plantean por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) para la enseñanza de las ciencias en general y de la química en particular, tanto en primaria, en secundaria, en media vocacional, como en educación superior, generando así un avance en las investigaciones relacionadas en torno a la educación en ciencias. En consecuencia de ello, se han desarrollado diversas investigaciones que brindan herramientas a los profesores de química, para el abordaje y desarrollo de ciertos temas, los cuales estudian aspectos actitudinales, axiológicos, conceptuales, metodológicos, entre otros, que permiten un óptimo proceso de enseñanza y aprendizaje.

Adicional a ello, esta investigación se centra en el desarrollo de una estrategia didáctica fundamentada desde el modelo de la Enseñanza para la Comprensión (EpC), la cual *“implica para los profesores la posibilidad de reflexionar acerca de su práctica docente y su resignificación, y para los estudiantes la posibilidad de despertar un interés reflexivo hacia la materia que está aprendiendo”* (Clavel & Torres, 2010), de modo que se extiende un panorama para la educación, en la cual las dos partes implicadas (profesor y estudiante) se benefician en los procesos de enseñanza y aprendizaje, desde una práctica reflexiva. Esta estrategia se plantea con el fin de atender una de las grandes dificultades en la enseñanza de la química, más específicamente en el estudio sistémico del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base, debido a que el equilibrio químico es un área de estudio que comprende diversidad de factores implicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como: la relación con otros temas de química, la compleja terminología, los errores conceptuales e ideas previas que poseen los estudiantes; los cuales generan ciertas falencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje acerca del equilibrio químico, ya que *“debe haber una dificultad en los estudiantes, relacionada a la construcción de ideas previas sobre dichas temáticas, en donde no se hacen relaciones significativas con la realidad y se requiere una terminología determinada para su comprensión, explicación y predicción”* (Castaño, 2012, pág. 4).

Concretamente, esta investigación obedece a la caracterización de los diferentes niveles de comprensión de los estudiantes de media vocacional del Gimnasio Académico Regional de Suba, mediados por una estrategia didáctica que permitió generar diversas actividades en torno al estudio sistémico del equilibrio químico ácido-base, desde la perspectiva del modelo de la enseñanza para la comprensión. Finalmente, antes, durante y después del desarrollo e implementación de la estrategia didáctica se evidenció una comprensión progresiva de los estudiantes, al abordar diversas actividades

complementarias como el desarrollo de la práctica de laboratorio y, el reconocimiento y aplicación de una hoja de cálculo de excel que involucra la modelización matemática del sistema en equilibrio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“Enseñar el equilibrio químico implica un gran desafío debido a su especificidad y complejidad. Para entender el equilibrio, es necesario conocer y usar otros conceptos específicos y abstractos, que también tienen importantes dificultades de aprendizaje” (Garritz, Irazoque, & Izquierdo, 2012, p.p. 3979), es por ello que en la educación actual en química, se considera el estudio del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base, como una red conceptual difícil para la enseñanza y el aprendizaje de la química; dicho esto se menciona que los estudiantes de media vocacional presentan una gran dificultad en el aprendizaje del estudio del equilibrio químico, ya que existen factores conceptuales y metodológicos que dificultan dicho proceso, estos factores que se llegan a presentar en la enseñanza del equilibrio químico van relacionados con la relación que presenta con otros temas de la química, a la compleja terminología científica, y a los errores conceptuales que llegan a presentar los estudiantes, en torno a los sistemas que se encuentran en equilibrio químico.

El estudio del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base desde una visión moderna, contextualiza a los estudiantes de media vocacional a una química matematizada, permitiéndoles desarrollar ciertas habilidades relacionadas a criterios conceptuales y metodológicos que se ven implicados en el estudio de sistemas que se encuentran en equilibrio. Con esto se determina un gran problema acerca del estudio de equilibrio químico, ya que los estudiantes de media vocacional no relacionan los procedimientos matemáticos con las variables que se ven implícitas en las reacciones ácido-base y mucho menos dan una interpretación adecuada respecto a lo que sucede a micro, macro, energético y químico-matemático, lo cual se reafirma con los planteamientos de (Moncaleano, Furió, Hernández, & Calatayud, 2003, p.p. 111), los cuales indican que *“los estudiantes desconocen a qué problema intenta dar respuesta el equilibrio químico, ya que ninguno logra interpretarlo con una realidad, y muestran poca capacidad para identificar ejemplos de situaciones de equilibrio que les representen algún interés”*.

Desde esta perspectiva la pregunta de investigación que orienta esta tesis de maestría, entorno a la enseñanza de la química, más específicamente a la red conceptual del equilibrio químico es: *¿Cuáles son los niveles de comprensión de un grupo de estudiantes de media vocacional del Gimnasio Académico Regional de Suba, al implementar una estrategia didáctica fundamentada en el estudio sistemático del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base y el modelo de la EpC?*

2. JUSTIFICACIÓN

“La Enseñanza para la Comprensión (EpC) implica una posibilidad para el docente de reflexión hacia lo que están aprendiendo los estudiantes con un interés determinado” (Clavel & Torres, 2010), con esto se articulan diversas actividades como la práctica de laboratorio y el desarrollo de un artículo científico con la respectiva modelización matemática de sistemas en equilibrio, como aspectos metodológicos para el desarrollo de una estrategia didáctica que permite al docente reflexionar acerca de las problemáticas para la enseñanza del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base. Adicional a ello los pilares de la EpC permiten una organización en la estrategia didáctica planteada, relacionando los tópicos generativos, las metas de comprensión, los desempeños de comprensión, y la evaluación diagnóstica continua entre sí; categorizando a los estudiantes en un nivel de comprensión determinado en un momento inicial, un momento parcial y un momento final, de modo que se permitan articular los diferentes niveles de comprensión con los indicadores de cada uno de los instrumentos de recolección de datos (test de identificación de comprensión inicial, descripción del sistema en equilibrio y modelización matemática), por medio de una matriz de vaciado que facilita la recolección de la información, con el fin de atender a las necesidades educativas del proceso de enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico en estudiantes de media vocacional.

Adicional a ello, se considera pertinente el desarrollo de esta investigación en estudiantes de media vocacional, debido a que en muchas ocasiones los estudiantes no presentan una terminología adecuada para el dominio del tema, ni lo relacionan con otros conceptos como lo son las reacciones químicas ácido-base, y es ahí donde se retoma lo mencionado por (Huerta & Irazoque, 2009), indicando que *“el equilibrio químico es un concepto abstracto y complejo de interpretar, que requiere de una terminología específica, y tiene gran demanda de prerrequisitos conceptuales y una articulación con conceptos que tampoco son sencillos de enseñar”*, además de estos planteamientos, también se evidencia que los estudiantes desconocen en su mayoría el estudio del equilibrio químico, debido a que no poseen unas ideas previas en su formación académica en base a este tema, ni se encuentra un espacio académico en el currículo de química de media vocacional que permita y propicie su enseñanza-aprendizaje. Finalmente, bajo estos planteamientos se menciona la necesidad del desarrollo de esta investigación con el fin de caracterizar los niveles de comprensión de los estudiantes de media vocacional mediados por el desarrollo e implementación de una estrategia didáctica que tenga como eje conceptual el estudio del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base, fundamentada desde el modelo de la Enseñanza para la Comprensión.

3. OBJETIVOS

3.1. General

Evaluar los niveles de comprensión de un grupo de estudiantes de media vocacional del Gimnasio Académico Regional de Suba, al implementar una estrategia didáctica fundamentada en el estudio sistemático del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base y en el modelo de la EpC.

3.2. Específicos

- Identificar el nivel de comprensión en un estado inicial de los estudiantes de media vocacional acerca de los sistemas en equilibrio ácido-base, caracterizando sus niveles de comprensión.

- Estructurar e implementar una estrategia didáctica fundamentada en el modelo de la EpC, para el desarrollo progresivo de la comprensión de un grupo de estudiantes de media vocacional al abordar el estudio sistemático del equilibrio ácido-base.

- Analizar el nivel de comprensión progresivo de un grupo de estudiantes en términos conceptuales y metodológicos, del estudio sistemático del equilibrio ácido-base al implementar la estrategia didáctica.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. Marco de Antecedentes

4.1.1. Antecedentes Internacionales

Título	Enseñanza para la comprensión. Marco interpretativo de la construcción del conocimiento en clases de ciencias.
Autor(es)	María del Pilar Ruíz, Carmen Peme, Ana Lía de Longhi, Adriana Ferreyra.
Referencia	Revista campo abierto, volumen 31, n° 2, 2012, paginas 113-137– Argentina (Ruiz, Peme, De Longhi, & Ferreyra, 2012).
Descripción	<p>Esta investigación se realiza debido a que en los últimos años se han propuesto diferentes estrategias de enseñanza en las aulas de clase de ciencias, las cuales son enfocadas en el modelo de la Enseñanza para la Comprensión (EpC), y es por ello que las investigadoras pretenden categorizar la comprensión y la forma en la cual el docente aporta para la misma desde sus clases de ciencias. En este trabajo se presentan diferentes estrategias de enseñanza que presentan ciertas dimensiones enfocadas desde la EpC, y se analiza desde una perspectiva didáctica centrada en la transformación y comunicación del conocimiento; desde la reflexión de situaciones de aula que promueven la comprensión; y desde los comportamientos explícitos e implícitos de los docentes.</p> <p>Desde el marco conceptual se define inicialmente ¿Qué es comprender? desde Perkins, posterior a ello se describen 4 dimensiones partícipes del modelo de la EpC (dimensión contenidos, dimensión métodos, dimensión propósito, dimensión formas de comunicación), articulándose a una dimensión denominada interacción docente-alumno.</p>
Geo – Referenciación	Se desarrolla en diversas instituciones de nivel medio de Santa Fe – Argentina de carácter público y privado, con estudiantes de cuarto, quinto y sexto años, correspondiente al último ciclo de educación (Cabe aclarar que en argentina se divide la educación en primaria y media, y cada una se subdivide en dos ciclos).
Metodología	La investigación se desarrolla en base a un enfoque mixto (cualitativa y cuantitativa) de tipo interpretativa, y se realiza en dos etapas. En la primera etapa se toma una institución privada y una pública, una con modalidad en ciencias naturales y otra en humanidades y ciencias sociales, en donde se realizó una encuesta a 60 docentes para identificar el espacio curricular en el

	<p>cual se desempeñan, posterior a ello se realizó una categorización de las metodologías de los docentes por medio de las clases observadas y por medio del cuestionario, el cual también brinda un concepto implícito de comprensión, lo cual es pertinente para la categorización realizada.</p> <p>La segunda etapa se llevó a cabo únicamente en la institución privada, en este caso se realizó una observación a tres grupos de 16, 16, y 34 estudiantes, en clase de ciencias (Química, bromatología y matemáticas), aclarando que se observaron clases de 3 profesoras. Las observaciones realizadas a cada grupo se realizaron con el fin de identificar las características de cada uno de estos grupos. Durante las observaciones se realizó un registro sistemático de los comportamientos o acciones de las profesoras, identificando el contenido y forma de sus comunicaciones.</p>
<p>Resultados y Conclusiones</p>	<p>Los resultados que se obtuvieron en esta investigación giran en torno a un análisis de cada una de las clases de ciencias de las profesoras, en las cuales se identifican algunas de las 4 dimensionadas por Perkins, encontrando a nivel general que las acciones de las profesoras indican un buen manejo de la dimensión de contenido, en cambio la dimensión de propósito no pudo ser analizada debido a que no se presentaban acciones acordes a la misma por parte de las profesoras, y las dimensiones de método y formas de comunicación fue variante, ya que las acciones presentadas por cada una de las profesoras guiaban el análisis a un punto de vista diferente, y en ocasiones no se daban de manera adecuada dichas acciones lo cual no le facilitaba la adaptación de dichas dimensiones a los estudiantes.</p> <p>Como consideraciones finales las autoras mencionan que:</p> <ul style="list-style-type: none"> -El estudio se basó en el papel mediador del profesor y no en la actividad que los alumnos logran como producto del mismo, dándole importancia a la construcción del conocimiento escolar. -La relación teoría – práctica es fundamental para la enseñanza de las ciencias naturales, debido a que permite el acoplamiento del conocimiento en el estudiante de manera adecuada. -El manejo del proceso de enseñanza de las profesoras involucradas en la investigación se orienta desde los planteamientos de la EpC, relacionando la dimensión de contenido en mayor proporción en sus clases.

<p>Aportes a la investigación</p>	<p>Los aportes brindados de esta investigación son fundamentales, debido a que brindó un marco teórico referente al modelo de la Enseñanza para la Comprensión en donde se articulan los dos papeles involucrados en el proceso de enseñanza – aprendizaje siendo estos el docente y el estudiante. Dichos aportes teóricos se orientan principalmente a las dimensiones que retoman de Perkins, siendo éstas fundamentales para el desarrollo de una investigación fundamentada en la EpC.</p> <p>Adicional a ello brinda un aspecto metodológico, debido a que permite orientar y guiar los instrumentos de recolección de datos que se realizaron en la presente investigación, permitiendo así plantear unas posibles categorías de análisis para los instrumentos a realizar.</p>
--	--

<p>Título</p>	<p>Chemistry teachers pedagogical content knowledge on chemical equilibrium.</p>
<p>Autor(es)</p>	<p>Andoni Garritz, Glinda Irazoque, Mercé Izquierdo.</p>
<p>Referencia</p>	<p>Proceedings of EDULEARN12 Conference. 2nd-4th July 2012, Barcelona, Spain. (Garritz, Irazoque, & Izquierdo, 2012).</p>
<p>Descripción</p>	<p>Esta investigación surge a raíz de uno de los grandes problemas que se abarcan en la enseñanza de la química, siendo el caso particular de la enseñanza del equilibrio químico, debido a que “el equilibrio químico es un concepto central en el aprendizaje de la química y sigue siendo uno de los más difíciles de enseñar y aprender” según los autores. Adicional a ello, esta investigación menciona diferentes problemas que surgen en el proceso de enseñanza del equilibrio, indicando que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los estudiantes pueden creer que la masa y la concentración significan lo mismo para las sustancias en los sistemas de equilibrio • Algunos estudiantes conceptualizan el equilibrio químico como un producto de fuerzas opuestas • Algunos estudiantes pueden creer que las concentraciones de los reactivos son iguales a las concentraciones de los productos <p>Por lo cual los investigadores centran su marco de referencia en las necesidades educativas para el proceso de enseñanza-aprendizaje del equilibrio químico, reforzándolo con las diversas investigaciones que se han realizado durante años en esta gran problemática que enfrenta la química, para plantear una secuencia didáctica que permita el abordaje de este tema.</p>

Geo – Referenciación	La investigación se realiza con un grupo de ocho profesores de química de universidad y de educación secundaria.
Metodología	La metodología de la investigación se centra en el desarrollo e implementación de una secuencia didáctica construida desde el marco de School Science, que brinda a los docentes de química una herramienta para la enseñanza del equilibrio químico, fundamentada en los argumentos termodinámicos. Adicional a ello los investigadores realizan un reconocimiento de las concepciones alternativas, las ideas previas, las habilidades cognitivas que presentan los estudiantes en el abordaje del equilibrio químico. Adicional a ello, se contrastan las metodologías que emplean los docentes para la enseñanza de este tema. Posterior a ello los investigadores implementan la estrategia didáctica con 4 de los 8 profesores y los otros 4 se limitan al abordaje del tema con su propia metodología, con el fin de evidenciar si la secuencia didáctica es útil para la enseñanza.
Resultados y Conclusiones	<p>Como resultados de la investigación se obtiene que los profesores de educación secundaria logran identificar varias ideas en el grupo de estudiantes, las cuales fueron: el conocimiento previo, la reversibilidad y equilibrio dinámico, las constantes de equilibrio y los factores que afectan el equilibrio químico. En cambio los profesores de pregrado identificaron ideas como: la espontaneidad, la reversibilidad y el equilibrio; la estequiometría y el progreso de la reacción; las propiedades termodinámicas (S y G, por ejemplo) y el potencial químico.</p> <p>Con esto, se evidencia que el desarrollo de una secuencia didáctica que permita el reconocimiento de las ideas previas y las habilidades cognitivas de los estudiantes, es fundamental para la enseñanza de la química, ya que brinda aspectos conceptuales y metodológicos que se centran en los temas específicos a tratar, brindando así un mejor proceso de enseñanza-aprendizaje.</p>
Aportes a la investigación	Los aportes que se brindan a esta investigación son aspectos conceptuales que permiten el abordaje del problema, ya que en el artículo se menciona los problemas que presentan los estudiantes en el momento que se abarca en la clase de química el equilibrio químico. Adicional a ello, permite un aspecto metodológico, ya que éste menciona una mejor manera para abordar la enseñanza de la química como lo es el uso de estrategias didácticas, unidades didácticas, propuestas de intervención, entre otros, y actividades que permiten reconocer las ideas previas de los estudiantes y los errores conceptuales que presentan, facilitando el abordaje y la enseñanza de un tema en específico.

Título	Niveles de comprensión del equilibrio químico en estudiantes universitarios a partir de diferentes estrategias didácticas.
Autor(es)	Gonzalo M. Bermúdez, y Ana Lía de Longhi.
Referencia	Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Volumen 10, N°2, Paginas 264-288, año 2011. Córdoba – Argentina (Bermudez & De Longhi, 2011).
Descripción	Inicialmente los autores realizan una contextualización al modelo de la Enseñanza para la Comprensión (EpC), en donde se describen las 4 dimensiones que se emplean en dicho modelo (contenido, método, propósito, y formas de comunicación), y los 4 niveles de comprensión (ingenuo, de principiante, de aprendiz y de maestría), los cuales se retoman de Stone (1999). Posterior a ello se realiza una contextualización de la problemática que describe las dificultades de enseñanza en torno al equilibrio químico, siendo las principales el uso inadecuado de un lenguaje científico o la carencia del mismo, la incorrecta interpretación de la doble flecha, confusiones frente al proceso estequiométrico empleado, entre otros, presentando así errores conceptuales en torno a este tópico.
Geo – Referenciación	La investigación se realiza en la Universidad Nacional de Córdoba de Argentina, en la materia de Química General de las carreras de ciencias biológicas y profesorado en ciencias biológicas. Se subdivide el grupo en 3 grupos, el primero con 37 estudiantes, el segundo con 32 estudiantes y el tercero con 37 estudiantes.
Metodología	El diseño de la investigación es de tipo cuasi-experimental, con un pre y pos test, con un enfoque cualitativo. En este diseño se realiza una aplicación en comisiones de trabajos prácticos, en donde se realiza una estrategia diferente a cada grupo, a las que denominan “transmisión-recepción”, “metacognición”, e “indagación dialógica problematizadora”. Posterior a ello se realiza un análisis y una comparación de las estrategias por medio del pre y pos-test, desde las dimensiones que plantea el modelo EpC. En el primer grupo se realiza una enseñanza de tipo tradicional en donde la construcción del conocimiento es impuesta por el docente. En el segundo grupo se da una interacción más dinámica entre docente y estudiantes, en donde el docente explicaba lo relacionado al equilibrio químico y a su vez regulaba la participación de los estudiantes, dando un aporte desde un trabajo colaborativo. Y finalmente en el tercer grupo se contextualiza al estudiante desde una situación problema que permite abordar el tema del equilibrio químico generando un aprendizaje significativo.
Resultados y Conclusiones	Para categorizar a los estudiantes en un nivel de comprensión específico primero se plantean unas categorías de análisis desde la concepción de “Equilibrio Químico”. Al realizar la comparación

	<p>entre el pre-test y el post-test, se evidencia un cambio significativo entorno a la concepción de equilibrio químico en los estudiantes de los grupos de “transmisión-recepción” e “indagación dialógica problematizadora”. En términos de la concepción de la constante de equilibrio químico los estudiantes del grupo “indagación dialógica problematizadora” incrementan su nivel de comprensión más significativamente que los estudiantes del grupo de “metacognición”.</p> <p>A manera de conclusión se menciona que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La Enseñanza para la Comprensión permite identificar los niveles de comprensión desde diferentes dimensiones, como los contenidos, los propósitos, los métodos y las formas de comunicación. - Los estudiantes logran alcanzar niveles de comprensión más altos desde sus niveles de partida cuando las estrategias empleadas por los docentes se basan en posturas constructivistas.
<p>Aportes a la investigación</p>	<p>Los aportes que se brindan para el desarrollo de esta investigación se rigen desde un aspecto conceptual y metodológico, debido a que brinda una conceptualización de las diferentes dimensiones que plantea el modelo de la enseñanza para la comprensión. Adicional a ello desde el aspecto metodológico brinda una posible estructuración de las categorías de análisis según los diversos niveles de comprensión, respecto al concepto de equilibrio químico y la relación del mismo con la constante de equilibrio. Finalmente brindó a esta investigación una forma adecuada para la consolidación de los resultados bastante clara, que permitieron realizar los respectivos análisis en la investigación.</p>

4.1.2. Antecedentes Nacionales

<p>Título</p>	<p>Reflexiones en torno a la aproximación cualitativa del concepto equilibrio químico en estudiantes de undécimo grado.</p>
<p>Autor(es)</p>	<p>Adriana María Valderrama Valderrama.</p>
<p>Referencia</p>	<p>Revista Tecné, Episteme y Didáxis (TED), Número extraordinario, 2016, Páginas 672-680. Bogotá, Colombia (Valderrama, 2016).</p>
<p>Descripción</p>	<p>Esta investigación se centra en el desarrollo de una propuesta de intervención denominada “Aproximación cualitativa al concepto de equilibrio químico a través de situaciones problémicas”, en</p>

	<p>donde se tiene como objetivo desarrollarla con los estudiantes de modo colaborativo, observando sus acciones, ideas, procedimientos, lenguaje y actitudes. Los fundamentos de esta investigación se centran desde la teoría Ausbeliana del Aprendizaje Significativo y de la teoría de Campos Conceptuales, destacando el lenguaje científico. Esta investigación surge con la necesidad del abordaje del equilibrio químico como requisito de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales y ciencias ambientales, siguiendo los lineamientos curriculares que plantea el Ministerio de Educación Nacional.</p>
Geo – Referenciación	<p>La investigación se realiza con estudiantes de grado undécimo (jóvenes entre 16 y 18 años) de la institución educativa Félix de Bedout Moreno de Medellín (Antioquia), ubicada en la zona noroccidental.</p>
Metodología	<p>Inicialmente se realiza el planteamiento de una situación problema denominada “Detrás de un cerro de problemas hay un montón de oportunidades “(anónimo), en la cual se realiza una reflexión grupal con material significativo. Posterior a ello se realiza la secuencia didáctica dividida en dos partes, la primera inicia con el significado del equilibrio químico, dando continuidad con un ejemplo experimental (destapar una botella de Bretaña), en donde los estudiantes deben evidenciar que ocurre con un globo al ser expuesto a diversas variables (temperatura, presión, cantidad de Bretaña, etc), que pueden llegar a afectar el tamaño y la forma del globo. En la segunda parte se realiza la misma experiencia, pero con Bretaña en un tetero observando lo ocurrido al encontrarse a cambio de temperaturas y presiones.</p>
Resultados y Conclusiones	<p>Durante las experiencias realizadas se obtuvieron resultados en donde se analiza el lenguaje empleado por los estudiantes. Al iniciar la secuencia didáctica se evidenciaba que los estudiantes se expresaban en un lenguaje coloquial, en donde se trataba la conceptualización del equilibrio químico, pero sin la apropiación de un lenguaje científico, y posterior a dicha secuencia didáctica se evidenció que hubo un cambio conceptual y una apropiación de un lenguaje científico en el que el estudiante mencionaba lo ocurrido en el ensayo experimental con terminología adaptada al equilibrio químico, involucrando nombres técnicos de diferentes sustancias.</p> <p>A manera de conclusión los investigadores mencionan que:</p> <p>-La apropiación conceptual se puede dar desde experiencias significativas en el aula, fundamentadas desde la teoría Ausbeliana.</p>

	-El trabajo colaborativo sirve para la apropiación de un lenguaje técnico en la argumentación de situaciones experimentales.
Aportes a la investigación	<p>Los aportes que brinda este documento a esta investigación, van orientados hacia la parte metodológica, ya que brinda una herramienta ligada a las prácticas de laboratorio que permiten conceptualizar a los estudiantes en un tema específico.</p> <p>Adicional a ello permite orientar los informes de laboratorio hacia una matriz que organiza los parámetros del mismo, en donde se puede realizar un análisis más concreto y preciso en la investigación.</p>

4.2. Marco Teórico

4.2.1. Enseñanza para la Comprensión

Un aspecto importante que se debe recalcar en la propuesta de esta investigación va ligado al enfoque didáctico de la Enseñanza para la Comprensión (EpC), pero para ello es necesario saber ¿Qué es comprender? Desde los planteamientos de (Stone, 1999), se entiende comprender, como *“la habilidad de pensar y actuar flexiblemente a partir de lo que ya se sabe”*, con esto se permite articular un pensamiento flexible con el proceso de enseñanza-aprendizaje, en donde se evidencia la EpC como un enfoque didáctico que permite *“que el profesor reflexione acerca de su praxis, y que los estudiantes despierten un interés reflexivo por lo que se está aprendiendo”* (Clavel & Torres, 2010).

Dicho esto, para evidenciar que un estudiante realmente comprendió un tema en específico *“se demuestra a través de la integración, en donde se establecen analogías, fórmulas, hipótesis; se plantean interrogantes, se explica, y se establecen similitudes y diferencias”*, de modo que, pensar con flexibilidad frente a las situaciones o contextos que se asumen desde lo que se está aprendiendo, llega a ser evidenciado como un proceso de comprensión y de aprendizaje en el estudiante. Dicha comprensión se basa en los 4 pilares de la pedagogía planteados por Perkins, en los cuales se define claramente las “partes” fundamentales que deben poseer las estrategias didácticas, facilitando la comprensión de los temas, siendo este caso el del equilibrio químico ácido-base. Estos pilares se definen desde la perspectiva de (Clavel & Torres, 2010), como:

- **Tópicos Generativos:** Los tópicos generativos son temas centrales que implican hechos, conceptos, generalizaciones y relaciones entre ellos. Este pilar de la comprensión se centra en el ¿Qué enseñar?

- **Metas de Comprensión:** Se definen como los enunciados o preguntas orientadoras, que indican lo más importante que debe comprender un estudiante de los tópicos generativos. Es decir, se enfoca en ¿Qué es lo que se debe comprender?
- **Desempeños de Comprensión:** Los desempeños de comprensión son propiamente las actividades que se desarrollan durante la estrategia didáctica, evidenciando una comprensión en referencia a las metas de comprensión. En pocas palabras se centra en ¿Cómo debemos enseñar para comprender?
- **Evaluación Diagnóstica Continua:** Es el proceso en el cual se determina la comprensión de los estudiantes de una manera continua, obteniendo su respectiva retroalimentación frente a los desempeños de comprensión, desligándose así de una evaluación final. Este pilar se enfoca en ¿Cómo saber qué comprenden los estudiantes?, y ¿Cómo se puede desarrollar una comprensión más profunda?

4.2.2. Niveles de Comprensión

Para llegar a categorizar con mayor precisión el nivel de comprensión de los estudiantes es necesario retomar las categorías que plantean (Jubert, Pogliani, Tocci, & Vallejo, 2011), las cuales se describen en la tabla 1, como:

Nivel de Comprensión	Característica
Ingenuo	Se evidencia por el conocimiento intuitivo (No reflexivo), en donde se llegan a presentar errores. Adicional a ello se puede ubicar en esta categoría el mal uso de la terminología científica y de los conceptos.
Novato	En esta categoría el estudiante tiene un desarrollo básico de los conceptos y permite relacionarlos entre sí. Se mencionan términos científicos y conceptos básicos.
Aprendiz	Se presenta un conocimiento de conceptos ligados a una disciplina, dándoles una aplicabilidad en algún contexto. La terminología científica empleada para sus expresiones es correcta.
Maestro	Se constituye por los desempeños que integran y demuestran la relación entre los conceptos con la disciplina a estudiar. La terminología que se emplea es la precisa y adecuada en todos los casos.

Tabla 1. Niveles de comprensión, fundamentados en el modelo de la EpC.

4.2.3. Concepción de Equilibrio Químico

A lo largo de los años se han presentado diferentes concepciones en torno al concepto de equilibrio químico, y es por ello que se considera pertinente retomar los planteamientos de (Ramette, 1983, pág. 86), los cuales mencionan y definen el equilibrio químico desde diferentes puntos de vista, precisando que:

- A nivel macroscópico se define que un sistema se encuentra en equilibrio cuando no hay cambios significativos en las propiedades generales de las sustancias implicadas, es decir el sistema parece estar estático.
- A nivel microscópico se considera que un sistema se encuentra en equilibrio cuando la rapidez de la reacción en ambos sentidos sea igual, lo cual indica que no habrá un cambio neto en las propiedades de las sustancias implicadas.
- A nivel energético, un sistema se encuentra en equilibrio cuando se emplea la menor cantidad de energía posible en las reacciones químicas implicadas en reactivos y productos.
- A nivel químico-matemático, se define un sistema en equilibrio cuando las concentraciones de sus componentes son correspondientes a la constante de equilibrio, en donde no presenta un flujo de materia o energía a través del sistema, lo cual implica que no hay cambios en sus propiedades.

4.2.4. Teoría Ácido-Base de Brønsted-Lowry

La teoría Ácido – Base de Brønsted-Lowry describe que un ácido es cualquier especie química capaz de donar un protón en disolución acuosa, y una base es cualquier especie química capaz de aceptar un protón en disolución acuosa. Adicional a ello, en las reacciones ácido-base se forman pares conjugados entre las sustancias, la base conjugada de un ácido es la especie que se forma después de que un ácido donó un protón. El ácido conjugado de una base es la especie que se forma cuando una base acepta un protón (Ramette, 1983), este mecanismo se ve evidenciado en la imagen 1, la cual describe el proceso de la formación de pares conjugados.



Imagen 1. Ejemplificación de los pares conjugados de Brønsted-Lowry.

De modo que, el ácido cianhídrico (HCN) y el ion cianuro (CN^-), se comportan como pares conjugados, sabiendo que dicho ion posee características de una base. Además, el amoniaco (NH_3) y el ion amonio (NH_4^+), se comportan con pares conjugados, en donde el amoniaco posee características de una base y el ion amonio características de un ácido.

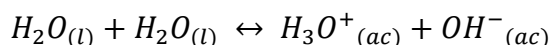
4.2.5. Estudio de Equilibrios

Para el estudio sistemático los diferentes equilibrios químicos es necesario aplicar las etapas analíticas que menciona (Clavijo Díaz, 2002), las cuales son:

1. Descripción del sistema a estudiar.
2. Escribir los equilibrios que se encuentran implicados en el sistema a estudiar.
3. Escribir el balance de electroneutralidad, indicando las especies aniónicas y catiónicas implicadas en el sistema de estudio.
4. Escribir el balance de material, respecto a la cantidad de especies presentes en el sistema a estudiar.
5. Escribir las expresiones matemáticas de todos los equilibrios implicados en el sistema.
6. Despejar las especies moleculares a partir de las expresiones matemáticas de los equilibrios, en función de las especies iónicas y sustituirlas en los balances de material descritos anteriormente, para llegar así al respectivo balance de electroneutralidad.
7. Utilizar el método matemático para solucionar el sistema.

4.2.6. Autoprotolisis del Agua

El agua es considerada como un anfótero, es decir que se puede comportar como ácido o base, sufriendo así un equilibrio de autodisociación o también conocido como autoprotólisis, que se fundamenta desde la teoría ácido-base de Bronsted y Lowry, formulando que:



A raíz de esto se plantea la constante de autodisociación del agua, denominada Kw, o también conocida como constante del producto iónico del agua, de modo que:

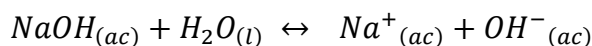
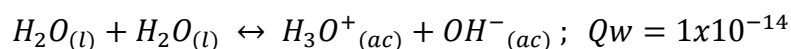
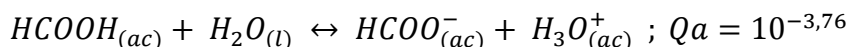
$$K_w = [H_3O^+].[OH^-]$$

4.2.7. Descripción de Equilibrios

A continuación se realiza una ejemplificación de la descripción de sistemas monopróticos en equilibrio ácido-base, respecto a las etapas analíticas que plantea (Clavijo Díaz, 2002).

Ácido fórmico

➤ Equilibrios



➤ Constantes

$$Qa = \frac{[HCOO^-] * [H^+]}{[HCOOH]} \rightarrow [HCOOH] = \frac{[HCOO^-] * [H^+]}{Qa}$$

$$Qw = [H^+] * [OH^-] \rightarrow [OH^-] = \frac{Qw}{[H^+]}$$

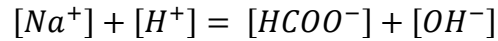
➤ Balance de Especies

En este balance se determinan las especies químicas implicadas en el sistema en disolución acuosa, entre la reacción del ácido fórmico y el hidróxido de sodio.

Cationes	H^+	Na^+
Aniones	$HCOO^-$	OH^-
Moléculas	$HCOOH$	

➤ Balance de Electroneutralidad

En este balance se realiza la igual de las especies catiónicas y aniónicas presentes en el sistema.



➤ Balance de Material

En el balance de material se denotan las ecuaciones que se encuentran presentes en el sistema de estudio, realizando los despejes y sustituciones correspondientes, de modo que:

$$C'_{Na^+} = \frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]_0}{Vt}$$

$$C'_{HCOOH} = \frac{V_{ali} * [HCOOH]_0}{Vt}$$

$$C'_{HCOOH} = [HCOO^-] + [HCOOH]$$

$$C'_{HCOOH} = [HCOO^-] + \frac{[HCOO^-] * [H^+]}{Qa}$$

$$C'_{HCOOH} = [HCOO^-] * \left(1 + \frac{[H^+]}{Qa}\right)$$

$$C'_{HCOOH} = [HCOO^-] * \left(\frac{Qa + [H^+]}{Qa}\right)$$

$$[HCOO^-] = \frac{C'_{HCOOH} * Qa}{Qa + [H^+]}$$

Tomando el balance de electroneutralidad y se sustituyen las diferentes ecuaciones se tiene que:



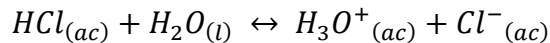
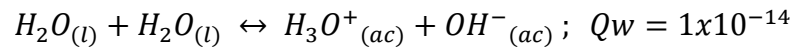
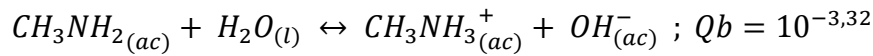
$$\frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]_0}{Vt} + [H^+] = \frac{C'_{HCOOH} * Qa}{Qa + [H^+]} + \frac{Qw}{[H^+]}$$

$$\frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]_0}{Vt} + [H^+] = \frac{V_{ali} * [HCOOH]_0}{Vt} * \left[\frac{Qa}{Qa + [H^+]}\right] + \frac{Qw}{[H^+]}$$

Siendo esta última ecuación la respectiva para el estudio del sistema en equilibrio de ácido fórmico con hidróxido de sodio.

Metilamina

➤ Equilibrios



➤ Constantes

$$Qb = \frac{[CH_3NH_3^+] * [OH^-]}{[CH_3NH_2]} \rightarrow [CH_3NH_2] = \frac{[CH_3NH_3^+] * [OH^-]}{Qb}$$

$$Qw = [H^+] * [OH^-] \rightarrow [OH^-] = \frac{Qw}{[H^+]}$$

➤ Balance de Especies

En este balance se determinan las especies químicas implicadas en el sistema en disolución acuosa, entre la reacción de la metilamina y el ácido clorhídrico.

Cationes	H^+	$CH_3NH_3^+$
Aniones	Cl^-	OH^-
Moléculas	CH_3NH_2	

➤ Balance de Electroneutralidad

En este balance se realiza la igual de las especies catiónicas y aniónicas presentes en el sistema.

$$[CH_3NH_3^+] + [H^+] = [Cl^-] + [OH^-]$$

➤ Balance de Material

En el balance de material se denotan las ecuaciones que se encuentran presentes en el sistema de estudio, realizando los despejes y sustituciones correspondientes, de modo que:

$$C'_{Cl^-} = \frac{V_{add H^+} * [HCl]_0}{V_t}$$

$$C'_{CH_3NH_2} = \frac{Vali * [CH_3NH_2]_0}{Vt}$$

$$C'_{CH_3NH_2} = [CH_3NH_3^+] + [CH_3NH_2]$$

$$C'_{CH_3NH_2} = [CH_3NH_3^+] + \frac{[CH_3NH_3^+] * [OH^-]}{Qb}$$

$$C'_{CH_3NH_2} = [CH_3NH_3^+] * \left(1 + \frac{[OH^-]}{Qb}\right)$$

$$C'_{CH_3NH_2} = [CH_3NH_3^+] * \left(1 + \frac{Qw}{Qb * [H^+]}\right)$$

$$C'_{CH_3NH_2} = [CH_3NH_3^+] * \left(\frac{Qb * [H^+] + Qw}{Qb * [H^+]}\right)$$

$$[CH_3NH_3^+] = \frac{C'_{CH_3NH_2} * Qb * [H^+]}{Qb * [H^+] + Qw}$$

Tomando el balance de electroneutralidad y se sustituyen las diferentes ecuaciones se tiene que:

$$[CH_3NH_3^+] + [H^+] = [Cl^-] + [OH^-]$$

$$\frac{C'_{CH_3NH_2} * Qb * [H^+]}{Qb * [H^+] + Qw} + [H^+] = \frac{V_{add H^+} * [HCl]_0}{Vt} + \frac{Qw}{[H^+]}$$

$$\frac{Vali * [CH_3NH_2]_0}{Vt} * \left[\frac{Qb * [H^+]}{Qb * [H^+] + Qw}\right] + [H^+] = \frac{V_{add H^+} * [HCl]_0}{Vt} + \frac{Qw}{[H^+]}$$

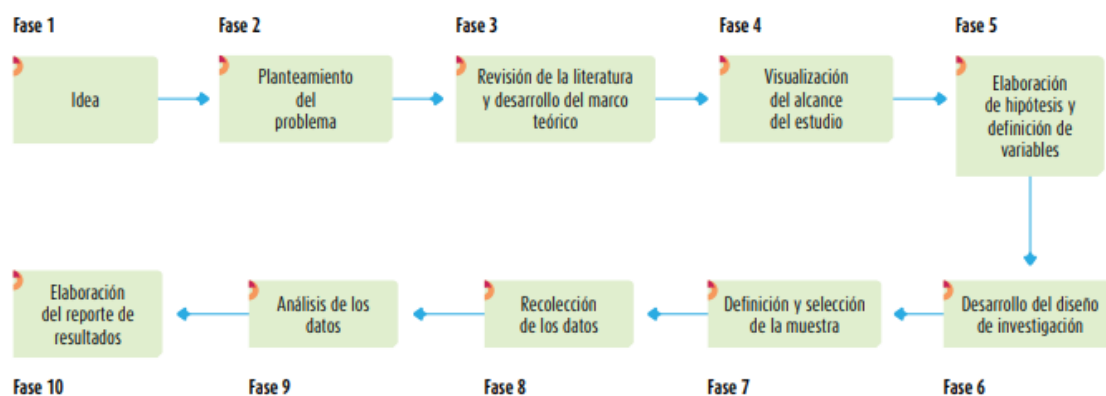
Siendo esta última ecuación la respectiva para el estudio del sistema en equilibrio de la metilamina con ácido clorhídrico.

5. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolla desde un tipo de Investigación Aplicada (IA), con un enfoque de investigación cuantitativo, en donde surge la necesidad del desarrollo e implementación de una estrategia didáctica fundamentada desde el modelo de la Enseñanza para la Comprensión (EpC), con el fin de fortalecer la comprensión en estudiantes de media vocacional del colegio Gimnasio Académico Regional de Suba, más específicamente a 11 estudiantes de undécimo grado, los cuales fueron seleccionados debido a su buen desempeño e interés que demuestran por la ciencia, más específicamente en la asignatura de química. Bajo los planteamientos de (Terigi, 2009, pág. 125), se retoma que *“en los procesos educativos y en los medios académicos vienen planteándose desde hace años reformulaciones de los modelos institucionales, los currículos y las estrategias pedagógico-didácticas de la escuela secundaria, con el objetivo de configurar una educación media de calidad para todos”*, es por ello que esta investigación se centra en la estructuración de una estrategia didáctica para la enseñanza de la química y en particular de los sistemas que se encuentran equilibrio químico en términos conceptuales y metodológicos, esto con el fin de caracterizar los niveles de comprensión de forma progresiva de los estudiantes de media vocacional.

5.1. Enfoque de Investigación

El enfoque cuantitativo, se define como un enfoque *“secuencial y probatorio, donde una etapa precede de la siguiente, con un orden riguroso; con ello se parte de una idea de la cual se derivan objetivos y una pregunta de investigación, las cuales se comprueban por un diseño, finalizando con una conclusión”* (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010, pág. 4), con esto se da una estructuración al presente documento, el cual se adapta en su totalidad al enfoque cuantitativo, permitiendo así desarrollar una estrategia didáctica fundamentada desde el modelo de la EpC, debido a que ésta facilita la delimitación de las actividades que se llevan a cabo, y la categorización de los estudiantes de media vocacional en uno de los niveles de comprensión (Ingenuo, Novato, Aprendiz o Maestro), en un momento inicial, un momento parcial y un momento final desde una valoración cuantitativa; ya que permite el planteamiento de dichas actividades fundamentándose en los 4 pilares de la comprensión (Tópico generativo, metas de comprensión, desempeños de comprensión y evaluación diagnóstica continua). Adicional a ello, permite el desarrollo en su totalidad de la tesis de maestría, debido a que se parte una idea, generando la estructuración un problema que se desarrolla desde un marco teórico y del diseño de una estrategia didáctica, que al ser implementada se recolectan los datos y se analiza la información, concluyendo la investigación; llegando así a cumplir las fases que estructuran el enfoque cuantitativo, las cuales se pueden evidenciar en la gráfica 1.



Gráfica 1. Fases estructurantes del enfoque cuantitativo. Recuperado el día 14 de Enero de 2019 de Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. México D.F.: McGraw-Hill, pág. 5.

5.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se desarrolla en este proyecto, se enfoca en la Investigación Acción (IA), la cual (Colmenares E. & Piñeros M., 2008) retoman de (Restrepo, 2005), que: “*la investigación acción consistente en una práctica reflexiva social en la que se relaciona la teoría y la práctica con el fin de realizar cambios apropiados en la situación estudiada y en la que no hay distinción entre lo que se investiga, quién investiga y el proceso de investigación*”, indicando que es una intervención a un grupo determinado en la que se brinda un aporte reflexivo de lo que se está aprendiendo, lo cual es muy relacionado a los fundamentos de la EpC desde la práctica reflexiva, permitiendo categorizar a los estudiantes en un nivel de comprensión por medio de diversas actividades realizadas durante la estrategia didáctica.

De este modo, se considera dicha investigación como una investigación acción, debido a que en las fases metodológicas se contextualiza a los estudiantes de media vocacional entorno a los sistemas en equilibrio químico implicados en las reacciones ácido-base, por lo que se permite el abordaje de este concepto desde la parte experimental por medio de la estructuración de una estrategia didáctica fundamentada en el modelo de la EpC, llegando así a caracterizar los niveles de comprensión de forma progresiva de un grupo de estudiantes. Adicional a esto (Colmenares E. & Piñeros M., 2008) mencionan que, “*Lewin, describía la Investigación Acción como una metodología para el estudio de la realidad social, que podía relacionarse con el enfoque experimental, dando como finalidad la solución a los problemas sociales*”, considerando así la investigación acción como una investigación que logra relacionar los conceptos teóricos con una realidad

enfocada a las situaciones problema, por medio del desarrollo de una parte experimental, brindando así una estrategia de enseñanza en las ciencias naturales.

5.3. Fases Metodológicas

Las fases metodológicas que se presentan en esta investigación giran en torno a la investigación aplicada que consta de 4 fases preliminares como lo menciona (Vargas, 2009, pág. 161), las cuales son:

1. Fase Preliminar: En esta fase se realiza una recopilación bibliográfica en la que se delimita el problema y los objetivos de la investigación. Adicional a ello, se realizó una conceptualización entorno al problema de investigación, recopilando la fundamentación teórica relacionada al estudio de sistemas en equilibrio químico, específicamente el equilibrio implicado en las reacciones ácido-base, relacionándolas al concepto de pH en función de la concentración; y las problemáticas que se asocian al proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de media vocacional. Además se plantean los aspectos conceptuales y metodológicos para la estructuración de una estrategia didáctica precisada en el estudio del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base, mediada por el modelo de la EpC, contemplando el desarrollo de prácticas de laboratorio y la implementación de hojas de cálculo de Excel, aplicando la respectiva modelización matemática de sistemas en equilibrio.

2. Fase Documental: En esta fase se realiza el diseño de los instrumentos que se desarrollaron en la estrategia didáctica contemplando los fundamentos del modelo de la EpC y los aspectos conceptuales y metodológicos del estudio sistemático del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base, permitiendo caracterizar los diferentes niveles de comprensión de manera progresiva de un grupo de estudiantes de media vocacional. Finalmente se estructura un blog académico en el cual se explican los diferentes pasos para el estudio de sistemas en equilibrio desde la implementación de la hoja de cálculo de Excel.

3. Fase de Desarrollo: En esta fase se implementa la estrategia didáctica, en la cual se involucran aspectos conceptuales y metodológicos desde una visión moderna del estudio del equilibrio químico, más específicamente de las reacciones ácido-base, involucrando las prácticas de laboratorio y la modelización matemática de sistemas en equilibrio desde el programa Excel. Adicional a ello, en esta fase se realiza la categorización en un momento inicial de los estudiantes según su nivel de comprensión frente estudio de los sistemas en equilibrio químico por

medio del instrumento de recolección de datos (Test de identificación de la comprensión en un estado inicial). El test de identificación de la comprensión consiste en responder 5 preguntas que abarcan conceptos relacionados al estudio de sistemas en equilibrio químico. Dicho test se centra en el desarrollo de una lectura acerca de la lluvia ácida, que permite relacionar ciertos conceptos de la química con el equilibrio químico, este instrumento se puede evidenciar en el anexo 9.1. Finalmente en esta fase, se desarrollan diversas sesiones en las cuales se involucran aspectos conceptuales y metodológicos que permiten la descripción de los sistemas de estudio, llegando así a categorizar los niveles de comprensión de manera progresiva en un segundo momento, de los estudiantes por medio de ejercicios que involucran el estudio sistémico del equilibrio químico, basándose en los 7 pasos planteados por (Clavijo Díaz, 2002).

4. Fase de Cierre: En esta fase se categorizan en un momento final a los estudiantes según su nivel de comprensión, contrastando las prácticas de laboratorio realizadas con la modelización matemática de las hojas de cálculo fundamentadas en el estudio de sistemas en equilibrio, plasmándolas en la estructuración de un artículo científico. Finalmente se realiza el respectivo análisis y conclusión de la investigación desde los fundamentos del modelo de la EpC, centrándose en la visión moderna del equilibrio químico.

5.4. Estrategia Didáctica

La estrategia didáctica se centró en abordar y describir secuencialmente las variables implicadas en los equilibrios ácido-base objeto de estudio con el grupo de estudiantes, así como la relación entre las variables definidas de manera sistemática, para obtener información cualitativa y cuantitativa y comprender la naturaleza de las especies químicas implicadas. Adicional a ello, la estrategia didáctica asocia las variables implicadas en el estudio de los sistemas en equilibrio con la práctica experimental y la modelización matemática en la hoja de cálculo de Excel, permitiendo una comprensión conceptual y metodológica del estudio sistémico del equilibrio químico.

6. Resultados y Análisis de Resultados

A continuación en la tabla 2, se evidencia la respectiva estrategia didáctica que se obtiene como herramienta de la investigación planteada, contemplando los pilares del modelo de la enseñanza para la comprensión que plantean (Clavel & Torres, 2010), para la respectiva caracterización de los niveles de comprensión del grupo de estudiantes.

Tópico Generativo	EL ESTUDIO SISTÉMICO DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE, DESDE UNA VISIÓN MODERNA DE LA QUÍMICA		
Metas de Comprensión	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿Qué relación existe entre la concentración de las especies químicas involucradas en el equilibrio químico con el pH? ➤ ¿Qué perspectiva se puede abordar en el estudio del equilibrio químico ácido-base? ➤ ¿Qué niveles de comprensión se pueden determinar en el abordaje e implementación de sistemas en equilibrio mediados por un blog educativo? 		
Desempeños de Comprensión	<p>Preliminares:</p> <p>Los desempeños que se abarcan en esta categoría se focalizan principalmente en los aspectos conceptuales previos a las prácticas de laboratorio, y los conceptos necesarios para la comprensión del equilibrio químico ácido-base.</p> <p>Entre las actividades que se realizan en esta categoría se tienen:</p> <p>El test de identificación de la comprensión: En esta actividad se</p>	<p>Investigación Guiada:</p> <p>Los desempeños abordados en esta categoría se centran en los trabajos prácticos de laboratorio que realizan los estudiantes; además de las diversas actividades teóricas que involucran la modelización matemática del sistema en estudio.</p> <p>Entre las actividades que se realizan en esta categoría se tienen:</p> <p>Inicialmente se realizan varias sesiones explicativas desde el aspecto teórico y matemático de las expresiones involucradas en el</p>	<p>Finales:</p> <p>Los desempeños que se abarcan en esta categoría se focalizan principalmente en la relación entre la teoría y la práctica que se ha explicado a lo largo de la estrategia didáctica, obteniendo un “producto” final que permita cumplir a cabalidad los objetivos de la investigación.</p> <p>Entre las actividades que se realizan en esta categoría se tienen:</p>

	<p>plantea una lectura acerca de la lluvia ácida, con diferentes reacciones químicas que se ven implicadas en este fenómeno, y a partir de dicha lectura los estudiantes deben responder 5 preguntas abiertas que involucran conceptos que ellos comprenden según su formación académica. De esta manera este test permite identificar los niveles de comprensión en un estado inicial de los estudiantes y a su vez ayuda a involucrarse con la primera meta de comprensión. Cabe recalcar que este test se puede evidenciar de manera más clara en el anexo 9.1.</p> <p>Como una segunda actividad preliminar se encuentra la práctica de laboratorio demostrativa, en la que se contempla el abordaje de la primera, y segunda</p>	<p>estudio del equilibrio químico, como lo son el balance de especies, balance de material y balance de electroneutralidad, entre otras. Estas sesiones constan de una retroalimentación conceptual acerca de la concentración molar, pH en términos de la concentración, despeje de ecuaciones, y planteamiento de la constante de equilibrio.</p> <p>Además se encuentran sesiones explicativas que involucren los procesos matemáticos que se encuentran inmersos en las reacciones ácido-base involucrando la sustitución de ecuaciones, el abordaje de la teoría ácido-base de Bronsted-Lowry, y la relación que conlleva la teoría con la práctica, brindando diversos ejemplos de sustancias monopróticas. Cabe resaltar que dichas sesiones teóricas se realizan en las instalaciones del Gimnasio Académico Regional y en la Universidad Pedagógica Nacional. Con esto, se abordan la primera y</p>	<p>Como producto final, el desarrollo de un artículo científico que involucre los aspectos teóricos abordados durante el desarrollo de la estrategia didáctica. Además por medio de un blog personalizado en torno al equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base y la respectiva orientación brindada en las diversas sesiones teóricas, realizar la respectiva modelización matemática de la práctica experimental del sistema en equilibrio según corresponda.</p> <p>Finalmente como un segundo “producto” se realiza la hoja de cálculo de Excel con el planteamiento de la modelización matemática respectiva al equilibrio correspondiente a cada grupo. De</p>
--	---	--	--

	<p>meta de comprensión, debido a que se realiza una actividad demostrativa que permite el abordaje de la concepción del equilibrio químico desde una visión macroscópica y química-matemática. Adicional a ello, esta práctica demostrativa entre el ion cromato y el ion dicromato permite el abordaje de la primera meta de comprensión debido a que se relacionan variables como la concentración y el pH, que permiten el estudio del sistema en equilibrio.</p>	<p>segunda meta de comprensión.</p> <p>Otra actividad que se encuentra inmersa en la investigación guiada es la práctica de laboratorio en la que se forman 3 grupos y cada uno tiene un sistema de estudio diferente, los cuales son el ácido acetilsalicílico, el ácido acético y el amoníaco, en donde los estudiantes medían el pH de las sustancias iniciales con un papel indicador, determinando su carácter ácido o básico. Posterior a ello, los estudiantes agregan cierto volumen de una sustancia opuesta a la sustancia inicial (carácter ácido o básico), contemplando algunas variaciones que pueden proponer los estudiantes en términos de volumen y concentración. Con ello se aborda la primera meta de comprensión.</p>	<p>esta manera se abarca la primera, y tercera meta de comprensión.</p> <p>Cabe recalcar que un aporte de la investigación es la creación de un blog en la que se realiza el paso a paso de la modelización matemática, la cual será una guía de apoyo para los estudiantes.</p>
<p>Evaluación Diagnóstica Continua</p>	<p>Preliminar:</p> <p>Durante esta etapa se realiza una categorización de los estudiantes en un nivel de comprensión en un momento inicial por medio del test de identificación de la</p>	<p>Investigación Guiada:</p> <p>En esta etapa se realiza nuevamente una categorización de los estudiantes según su comprensión en un momento parcial frente al estudio de sistemas en equilibrio</p>	<p>Final:</p> <p>En esta etapa se realiza una categorización del nivel de comprensión en un momento final de los estudiantes, según los indicadores</p>

	<p>comprensión, en el que se analizan los diferentes indicadores para cada una de las preguntas planteadas y con relación a las respuestas dadas por el estudiante se da una valoración determinada, categorizándolos en los niveles de comprensión planteados en la investigación (Ingenuo, novato, aprendiz y maestro).</p>	<p>(descripción de sistemas), en base a las actividades que se realizan durante la estrategia didáctica, permitiendo evidenciar la respectiva modelización matemática de los ejercicios planteados y de su sistema de estudio, llegando a categorizarlos según los indicadores planteados (Ingenuo, novato, aprendiz y maestro).</p>	<p>planteados con anterioridad para el artículo científico, y la hoja de cálculo de Excel que realizan los estudiantes involucrando el estudio de los sistemas en equilibrio ácido-base con su respectiva modelización matemática. Dicha categorización se realiza en (Ingenuo, novato, aprendiz y maestro).</p>
--	---	--	--

Tabla 2. Estrategia didáctica enmarcada desde el modelo de la EpC

Para iniciar con la respectiva categorización de los estudiantes acorde a su nivel de comprensión del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base, se considera pertinente denotar a cada uno de ellos con una etiqueta específica como se representa en la tabla #3.

Nombre del Estudiante	Etiqueta
Estudiante 1	E1
Estudiante 2	E2
Estudiante 3	E3
Estudiante 4	E4
Estudiante 5	E5
Estudiante 6	E6
Estudiante 7	E7
Estudiante 8	E8
Estudiante 9	E9
Estudiante 10	E10
Estudiante 11	E11

Tabla 3. Estudiantes partícipes en la estrategia didáctica.

6.1. Ideas de comprensión

Para el óptimo desarrollo de la investigación y la oportuna categorización de los estudiantes según su nivel de comprensión en un momento inicial, se considera pertinente plantear una escala numérica que permita dicha categorización (ver tabla 4). Cabe aclarar que cada una de las preguntas tiene un valor mínimo de 0 y un valor máximo de 4.

Valoración	Nivel de Comprensión
0 –4 pts	Ingenuo
5 – 10 pts	Novato
11 – 15 pts	Aprendiz
16 -20 pts	Maestría

Tabla 4. Valores de categorización según los niveles de comprensión a partir del test de identificación de la comprensión.

Nivel de Comprensión	Indicador
Ingenuo	El estudiante NO menciona una definición adecuada en torno a los conceptos involucrados en el equilibrio químico, como lo son la concentración, el pH, entre otros. No presenta claridad en lo descrito, dando incoherencia entre las ideas planteadas en cada una de las preguntas del test.
Novato	El estudiante menciona palabras clave que lo aproximan al abordaje de algunos conceptos relacionados con el equilibrio químico, como lo son la concentración, el pH, entre otros. No hay una articulación entre las ideas mencionadas que permitan comprender lo descrito en cada una de las preguntas del test.
Aprendiz	El estudiante describe ideas próximas a la definición de conceptos involucrados en el equilibrio químico, como lo son la concentración, el pH, entre otros. Presenta de forma pertinente la relación entre sus ideas, permitiendo dar una aproximación a lo descrito en cada una de las preguntas de manera acertada.
Maestría	El estudiante define con claridad los conceptos involucrados en el equilibrio químico, como lo son la concentración, el pH, entre otros, brindando una relación oportuna entre dichos conceptos, dando así

	una explicación concreta de lo ocurrido en cada una de las preguntas descritas en el test.
--	--

Tabla 5. Indicadores de los niveles de comprensión según el test de identificación de comprensión.

Adicional a ello para realizar la respectiva categorización de los estudiantes en un nivel de comprensión, es fundamental realizar una matriz de vaciado, en la cual se especificará cada una de las cuestiones planteadas en el test, llegando así a indicar el motivo y la razón por la cual se da cierta valoración a cada una de las cuestiones. Cabe aclarar que Ta: Totalmente acertada, obtiene una valoración de 4 puntos; A: Acertada, obtiene una valoración de 3 puntos; Pa: Parcialmente acertada, obtiene una valoración de 2 puntos; Ma: Mínimamente acertada, obtiene una valoración de 1 punto; y Na: No Acertada, obtiene una valoración de 0 puntos.

A continuación se evidenciarán las respuestas de 3 estudiantes, llegando así a una valoración (tabla 4) que permita categorizarlos en un nivel de comprensión en un momento inicial (Tabla 5).

E5

No	Indicador	¿Qué se debe comprender?	¿Qué comprende?	Valoración				
				Ta	A	Pa	Ma	Na
1	El estudiante define con claridad los conceptos involucrados en el equilibrio químico, relacionándolos con los efectos negativos o positivos de la lluvia ácida, dando así una explicación concreta de lo que ocurre al aumentar la concentración de SO ₂ en la atmósfera.	Al obtenerse mayor concentración de ácido sulfúrico, se presenta mayor concentración de iones hidronio, en los suelos, cuerpos de agua, tejidos de plantas y animales y superficies con las que entra en contacto al presentarse la disociación de dicho ácido, llegando así a	“La acidificación de la atmósfera y luego la condensación en lluvia ácida va deteriorando poco a poco la vida de muchas especies lo cual es totalmente negativo para la biodiversidad y en mi punto de	4	3	2	1	0

		disminuir notoriamente el pH.	vista no hay nada positivo”					
2	El estudiante identifica con claridad los tipos de sustancias que se encuentran presentes en la naturaleza que puedan llegar a presentar una variación de su pH.	Las especies químicas que se pueden llegar a encontrar en la naturaleza que presentan una variación del pH, ya sea en función de acidificación o alcalinización son sustancias con carácter ácido o básico.	“O ₂ , H ₂ O, H ⁺ ” “En forma natural se pueden encontrar oxígeno, agua e hidrógeno, los cuales según la lectura reaccionan con el SO ₂ ”	4	3	2	1	0
3	El estudiante interpreta los resultados en términos de la concentración y volumen de las sustancias (A y B), relacionándolos con la formación de productos de una reacción química ácido – base, contemplando la relación existente entre los reactantes.	La relación existente entre los valores planteados, arrojan que al tener una mayor concentración de la base el volumen empleado de dicha especie será menor, y al tener una menor concentración del ácido el volumen empleado de dicha especie será mayor, lo cual indica que la relación existente entre la concentración y el volumen será inversamente proporcional.	“A partir de la reacción de los reactivos se producen cantidades de los productos, es decir, gracias a las sustancias (A, B) se producen sustancias (C,D)”.	4	3	2	1	0
4	El estudiante define con claridad el proceso de neutralización de las sustancias, involucrando los diversos tipos de	El proceso de neutralización implica la reacción de transferencia protónica en donde una sustancia de carácter ácido dona	“Con una sustancia se pretende contrarrestar el efecto de otra, alterándola químicamente,	4	3	2	1	0

	sustancias que se encuentran en la naturaleza que permiten que se lleve a cabo dicho proceso (Ácidas y Básicas).	un protón a una sustancia de carácter básico. En otras palabras, que un equivalente de ácido, reaccione con un equivalente de base.	con el ejemplo anterior se podría ver un equilibrio químico entre un ácido y un antiácido”.					
5	El estudiante interpreta el valor de la constante de acidez en términos de la concentración de las especies implicadas en dicha reacción, teniendo en cuenta el carácter ácido de las sustancias.	El valor de la constante de acidez indica propiamente el carácter fuerte o débil del ácido. En el caso plasmado se evidencia que una de las constantes presenta un valor bajo, lo cual indica que el ácido es fuerte y se disocia fácilmente en disolución acuosa, contemplando la capacidad de ceder dos protones. Adicional a ello relaciona las concentraciones de las especies implicadas como pueden ser la del hidrogenión y la del ion sulfato.	“La acidez va a permanecer, ya sea en H ₂ SO ₄ o en SO ₂ , la acidez va hacer la misma, como su nombre lo indica el valor de la acidez va hacer constante no importa en qué fase del desarrollo de la reacción se encuentre la acidez permanece igual”.	4	3	2	1	0

Tabla 6. Vaciado de información del test de identificación de la comprensión, estudiante 5.

De esta manera el estudiante 5 obtiene una valoración total de 8 como se evidencia en la tabla 6, lo cual lo categoriza en un nivel de comprensión inicial “NOVATO”.

E6

No	Indicador	¿Qué se debe comprender?	¿Qué comprende?	Valoración				
				Ta	A	Pa	Ma	Na
1	El estudiante define con claridad los conceptos involucrados en el equilibrio químico, relacionándolos con los efectos negativos o positivos de la lluvia ácida, dando así una explicación concreta de lo que ocurre al aumentar la concentración de SO ₂ en la atmósfera.	Al obtenerse mayor concentración de ácido sulfúrico, se presenta mayor concentración de protones, en los suelos, cuerpos de agua, tejidos de plantas y animales y superficies con las que entra en contacto al presentarse la disociación de dicho ácido, llegando así a disminuir notoriamente el pH.	“La concentración de SO ₂ a niveles exagerados permitiría el aumento de acidez y azufre dejando el ambiente en estado crítico sin posibilidad de un agente neutralizador”.	4	3	2	1	0
2	El estudiante identifica con claridad los tipos de sustancias que se encuentran presentes en la naturaleza que puedan llegar a presentar una variación de su pH.	Las especies químicas que se pueden llegar a encontrar en la naturaleza que presentan una variabilidad del pH, ya sea en función de acidificación o alcalinización son sustancias con carácter ácido o básico.	SO ₂ (Dióxido de azufre), O ₂ (Oxígeno), H ₂ O (Agua), CO ₂ (Dióxido de carbono).	4	3	2	1	0
3	El estudiante interpreta los resultados en términos de la concentración y volumen de las	La relación existente entre los valores planteados, arrojan que para obtener la misma cantidad de	“La incidencia sería el ácido con ambas reacciones se encuentra a 25 mL, incidencia	4	3	2	1	0

	sustancias (A y B), relacionándolos con la formación de productos de una reacción química ácido – base, contemplando la relación existente entre los reactantes.	productos en una reacción se debe contemplar que, al tener una mayor concentración de la base el volumen empleado de dicha especie será menor, y al tener una menor concentración del ácido el volumen empleado de dicha especie será mayor, lo cual indica que la relación existente será inversamente proporcional.	del B sería que se encuentra en la misma base 1 M”.					
4	El estudiante define con claridad el proceso de neutralización de las sustancias, involucrando los diversos tipos de sustancias que se encuentran en la naturaleza que permiten que se lleve a cabo dicho proceso (Ácidas y Básicas).	El proceso de neutralización implica la reacción de transferencia protónica en donde la sustancia de carácter ácido dona un protón a la sustancia de carácter básico. En otras palabras, que un equivalente de ácido, reaccione con equivalente de base.	“No permitir a un nivel mayor el paso de sustancias nocivas, evitando la llegada del ácido para evitar el daño interno y contrarrestar el dolor”.	4	3	2	1	0
5	El estudiante interpreta el valor de la constante de acidez en términos de la concentración de las especies implicadas en dicha reacción, teniendo en cuenta el carácter ácido de las sustancias.	El valor de la constante de acidez indica propiamente el carácter fuerte o débil del ácido. En el caso plasmado se evidencia que el valor de la constante no es bajo, lo cual indica que el ácido es fuerte y se disocia fácilmente en	“El valor al ser constante sigue reaccionando de igual forma sin importar si se separan los elementos”.	4	3	2	1	0

		disolución acuosa. Adicional a ello relaciona las concentraciones de las especies implicadas como pueden ser la del hidrogenión y la del ion sulfato.						
--	--	---	--	--	--	--	--	--

Tabla 7. Vaciado de información del test de identificación de la comprensión, estudiante 6.

De esta manera el estudiante 6 obtiene una valoración total de 1 como se evidencia en la tabla 7, lo cual lo categoriza en un nivel de comprensión inicial "INGENUO".

E11

No	Indicador	¿Qué se debe comprender?	¿Qué comprende?	Valoración				
				Ta	A	Pa	Ma	Na
1	El estudiante define con claridad los conceptos involucrados en el equilibrio químico, relacionándolos con los efectos negativos o positivos de la lluvia ácida, dando así una explicación concreta de lo que ocurre al aumentar la concentración de SO ₂ en la atmósfera.	Al obtenerse mayor concentración de ácido sulfúrico, se presenta mayor concentración de protones, en los suelos, cuerpos de agua, tejidos de plantas y animales y superficies con las que entra en contacto al presentarse la disociación de dicho ácido, llegando así a disminuir notoriamente el pH.	"El SO ₂ al reaccionar con el O ₂ y formar SO ₃ y posteriormente lluvia ácida genera un desastre medioambiental en donde ocurre que los lagos se vuelvan inhabitables y los suelos infértiles".	4	3	2	1	0
2	El estudiante identifica con	Las especies químicas que se	"El SO ₂ altera el pH de la lluvia	4	3	2	1	0

	claridad los tipos de sustancias que se encuentran presentes en la naturaleza que puedan llegar a presentar una variación de su pH.	pueden llegar a encontrar en la naturaleza que presentan una variabilidad del pH, ya sea en función de acidificación o alcalinización son sustancias con carácter ácido o básico.	volviéndola más ácida. Por el contrario, en el agua, la caliza (CaCO_3) logra neutralizar el ácido e invertir los valores de pH".						
3	El estudiante interpreta los resultados en términos de la concentración y volumen de las sustancias (A y B), relacionándolos con la formación de productos de una reacción química ácido – base, contemplando la relación existente entre los reactantes.	La relación existente entre los valores planteados, arrojan que para obtener la misma cantidad de productos en una reacción se debe contemplar que, al tener una mayor concentración de la base el volumen empleado de dicha especie será menor, y al tener una menor concentración del ácido el volumen empleado de dicha especie será mayor, lo cual indica que la relación existente será inversamente proporcional.	“La concentración del ácido A es proporcional al volumen de la base en la formación del producto”.	4	3	2	1	0	
4	El estudiante define con claridad el proceso de neutralización de las sustancias, involucrando los diversos tipos de sustancias que se encuentran en la	El proceso de neutralización implica la reacción de transferencia protónica en donde la sustancia de carácter ácido dona un protón a la sustancia de	“El antiácido es una base, que al ingerirse contrarresta los efectos de los ácidos gástricos”.	4	3	2	1	0	

	naturaleza que permiten que se lleve a cabo dicho proceso (Ácidas y Básicas).	carácter básico. En otras palabras, que un equivalente de ácido, reaccione con equivalente de base.						
5	El estudiante interpreta el valor de la constante de acidez en términos de la concentración de las especies implicadas en dicha reacción, teniendo en cuenta el carácter ácido de las sustancias.	El valor de la constante de acidez indica propiamente el carácter fuerte o débil del ácido. En el caso plasmado se evidencia que el valor de la constante no es bajo, lo cual indica que el ácido es fuerte y se disocia fácilmente en disolución acuosa. Adicional a ello relaciona las concentraciones de las especies implicadas como pueden ser la del hidrogenión y la del ion sulfato.	NO REPORTA	4	3	2	1	0

Tabla 8. Vaciado de información del test de identificación de la comprensión, estudiante 11.

De esta manera el estudiante 11 obtiene una valoración total de 5 como se evidencia en la tabla 8, lo que lo categoriza en un nivel de comprensión inicial "NOVATO".

De esta manera se realiza la valoración de cada uno de los estudiantes para llegar a la categorización del nivel de comprensión en torno a los conceptos que se ven involucrados en el equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base. Obteniendo una categorización en un momento inicial evidenciado en la tabla 9, de modo que:

Categoría	Cantidad de Estudiantes
Ingenuo	4
Novato	7
Aprendiz	0
Maestro	0

Tabla 9. Recopilación general de los niveles de comprensión en un momento inicial.

Respecto a dicha categorización de los estudiantes según su nivel de comprensión en un momento inicial frente al test de *identificación de la comprensión*, se realiza un seguimiento personalizado en donde se evidencia la comprensión de manera progresiva de cada uno de ellos, con lo que se evidencia en la tabla 10 se tiene que:

Estudiante	Puntuación	Nivel de Comprensión
E1	2	Ingenuo
E2	4	Ingenuo
E3	7	Novato
E4	7	Novato
E5	8	Novato
E6	1	Ingenuo
E7	6	Novato
E8	8	Novato
E9	7	Novato
E10	4	Ingenuo
E11	5	Novato

Tabla 10. Recopilación individual de los niveles de comprensión en un momento inicial.

En el primer momento de la estrategia didáctica se tiene que 4 estudiantes se encuentran categorizados en el nivel de comprensión de “Ingenuo”, y 7 de los estudiantes se encuentran categorizados en un nivel de comprensión de “Novato” como se evidencia en la Tabla 9; esta categorización es mediada por el instrumento realizado de identificación de comprensión, en donde se evidencian conocimientos básicos del equilibrio químico involucrado en las reacciones ácido-base articulados con conocimientos previos de otras temáticas que se ven relacionadas a este tópico (Equilibrio químico). Estos resultados se corroboran con lo mencionado por (Huerta &

Irazoque, 2009), los cuales mencionan que: *“El equilibrio químico es un concepto abstracto y complejo de interpretar, que requiere de una terminología específica, prerrequisitos conceptuales y un enlace con conceptos que tampoco son sencillos de enseñar, como es el de reacción química”*, por lo que quiere decir que los estudiantes al categorizarse en un nivel de comprensión de “ingenuo” desconocen en gran parte el estudio sistémico del equilibrio químico, debido a no reconocen ciertas expresiones que no han sido dadas durante su vida académica, como ejemplo se tiene la constante de equilibrio, y los estudiantes que se encuentran categorizados en el nivel de comprensión de “novato” tienen un conocimiento más desarrollado en la articulación de diferentes conceptos que se involucran en el equilibrio químico, pero no son del todo acertados, ya que conceptos como pH en términos de la concentración y unidades de concentración han sido explicados en sus clases de química, llegando así a apropiarse de este conocimiento; es por eso que los estudiantes en general poseen ciertas dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en torno al equilibrio químico y la relación que tiene éste con otros conceptos propiamente de la química, generando así posibles errores y vacíos conceptuales en dicha comprensión. Adicional a ello, (Moncaleano, Furió, Hernández, & Calatayud, 2003) mencionan que *“las primeras dificultades con las que se van a encontrar los estudiantes, serán que no tienen claro a qué problema estructurante responde el equilibrio químico, ni tampoco van a disponer de información sobre cuestiones o ejemplos de interés que se intentan resolver”*, por lo cual se evidencia en los resultados que los estudiantes no poseen un conocimiento previo del equilibrio químico, y a su vez no comprenden de qué manera se estructura el problema de estudio de éste tópico, ni como se relaciona con ciertas situaciones particulares, llegando así a centrarse en el conocimiento memorístico y repetitivo.

6.2. Matemización

Para el óptimo desarrollo de la investigación y la oportuna categorización de los estudiantes según su nivel de comprensión en un momento parcial, frente al desarrollo de las actividades realizadas en la estrategia didáctica, se considera pertinente plantear una escala numérica que permita dicha categorización (Ver tabla 11). Cabe aclarar que cada una de las preguntas tiene un valor mínimo de 0 y un valor máximo de 4.

Valoración	Nivel de Comprensión
0 –4 pts	Ingenuo
5 – 10 pts	Novato
11 – 15 pts	Aprendiz
16 -20 pts	Maestría

Tabla 11. Valores de categorización según los niveles de comprensión en la fase de “matemización”.

Nivel de Comprensión	Indicador
Ingenuo	El estudiante NO describe adecuadamente el sistema planteado en la estrategia didáctica, en cuanto a que no relaciona adecuadamente la ecuación del equilibrio con su constante, ni con las etapas analíticas para el estudio de equilibrios químicos que plantea (Clavijo Díaz, 2002).
Novato	El estudiante se aproxima a la descripción del sistema planteado en la estrategia didáctica, en cuanto a que no relaciona adecuadamente la ecuación del equilibrio con su constante de acidez o basicidad según corresponda. Llega a plantear adecuadamente los equilibrios, la constante de equilibrio o algunas de las etapas analíticas para el estudio de equilibrios químicos que plantea (Clavijo Díaz, 2002).
Aprendiz	El estudiante describe el sistema planteado en la estrategia didáctica de manera adecuada, pero no relaciona adecuadamente las etapas analíticas para el estudio de equilibrio químicos que plantea (Clavijo Díaz, 2002).
Maestría	El estudiante describe correctamente los sistemas planteados en la estrategia didáctica, adicional a ello relaciona adecuadamente la ecuación de los equilibrios implicados, con sus respectivas constantes de acidez o basicidad según corresponda.

Tabla 12. Indicadores de los niveles de comprensión según la descripción del sistema en la fase “matematización”.

Posterior a ello para realizar la respectiva categorización de los estudiantes en un nivel de comprensión, es fundamental realizar una matriz de vaciado, en la cual se especificará cada una de las cuestiones planteadas en la descripción del sistema de estudio, llegando así a indicar el motivo y la razón por la cual se da cierta valoración a cada una de las cuestiones. Cabe aclarar que Ta: Totalmente acertada, obtiene una valoración de 4 puntos; A: Acertada, obtiene una valoración de 3 puntos; Pa: Parcialmente acertada, obtiene una valoración de 2 puntos; Ma: Mínimamente acertada, obtiene una valoración de 1 punto; y Na: No Acertada, obtiene una valoración de 0 puntos.

A continuación se evidenciarán las respuestas de 3 estudiantes, llegando así a una valoración (tabla 11) que permita categorizarlos en un nivel de comprensión en un momento parcial de la implementación de la estrategia didáctica (Tabla 12). Es importante

recaltar que la información obtenida en este momento de la secuencia didáctica, es transcrita para facilitar la escritura y redacción del documento en su totalidad, que a su vez se pueden evidenciar estas actividades en los anexos 9.2.

E3

No	Indicador	¿Qué se debe comprender?	¿Qué comprende?	Valoración																												
				Ta	A	Pa	Ma	Na																								
1	El estudiante plantea con claridad los equilibrios de ciertas especies ácidas y básicas, indicando la adecuada disociación de las sustancias, aclarando el estado en el cual se encuentra cada una de las sustancias.	$NH_{3(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow NH_{4(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$ $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O_{(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$ $HCl_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O_{(ac)}^+ + Cl_{(ac)}^-$	$NH_{3(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow NH_{4(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$ $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O_{(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$ $HCl + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O_{(ac)}^+ + Cl_{(ac)}^-$	4	3	2	1	0																								
2	El estudiante plantea la constante de acidez y basicidad correspondiente a cada uno de los ejemplos dados, teniendo en cuenta la adecuada escritura de las especies implicadas y de la constante.	$Q_b = \frac{[NH_4^+]^1 * [OH^-]^1}{[NH_3]^1}$ $Q_w = [H_3O^+]^1 * [OH^-]^1$	$Q_b = \frac{[NH_4^+] * [OH^-]}{[NH_3]}$ $Q_w = [H_3O^+] * [OH^-]$	4	3	2	1	0																								
3	El estudiante identifica las especies químicas que se ven implicadas en los equilibrios a tratar, contemplando los	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Cationes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H⁺</td> <td>NH₄⁺</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Aniones</th> </tr> <tr> <td>Cl⁻</td> <td>OH⁻</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Moléculas</th> </tr> <tr> <td>NH₃</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Cationes		H ⁺	NH ₄ ⁺	Aniones		Cl ⁻	OH ⁻	Moléculas		NH ₃		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Cationes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H⁺</td> <td>NH₄⁺</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Aniones</th> </tr> <tr> <td>Cl⁻</td> <td>OH⁻</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Moléculas</th> </tr> <tr> <td>NH₃</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Cationes		H ⁺	NH ₄ ⁺	Aniones		Cl ⁻	OH ⁻	Moléculas		NH ₃		4	3	2	1	0
Cationes																																
H ⁺	NH ₄ ⁺																															
Aniones																																
Cl ⁻	OH ⁻																															
Moléculas																																
NH ₃																																
Cationes																																
H ⁺	NH ₄ ⁺																															
Aniones																																
Cl ⁻	OH ⁻																															
Moléculas																																
NH ₃																																

	cationes, aniones y las moléculas (Balance de especies).							
4	El estudiante relaciona las especies químicas implicadas en los equilibrios con su respectivo balance de electroneutralidad, planteando éste de manera adecuada.	$[NH_4^+] + [H^+] = [Cl^-] + [OH^-]$	$[NH_4^+] + [H^+] = [Cl^-] + [OH^-]$	4	3	2	1	0
5	El estudiante plantea el balance de material de manera adecuada con sus respectivos procesos matemáticos, sustituyendo las ecuaciones implicadas en el estudio del sistema, para obtener una ecuación final que involucre el análisis del sistema.	$C'_{Cl^-} = \frac{V_{add H^+} * [HCl]}{V_{add H^+} + V_{Ali}}$ $C'_{NH_3} = \frac{V_{Ali} * [NH_3]}{V_{add H^+} + V_{Ali}}$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] + [NH_3]$ <p>Despeje de ecuaciones</p> $C'_{NH_3} = [NH_4^+] + \frac{[[NH_4^+] * [OH^-]]}{Qb}$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] * (1 + \frac{[OH^-]}{Qb})$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] * (1 + \frac{Qw}{Qb * [H^+]})$	$C'_{Cl^-} = \frac{V_{add H^+} * [HCl]}{Vt}$ $C'_{NH_3} = \frac{V_{Ali} * [NH_3]}{Vt}$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] + [NH_3]$ <p>Despeje de ecuaciones</p> $C'_{NH_3} = [NH_4^+] + \frac{[[NH_4^+] * [OH^-]]}{Qb}$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] * (1 + \frac{[OH^-]}{Qb})$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] * (1 + \frac{Qw}{Qb * [H^+]})$	4	3	2	1	0

		$C'_{NH_3} = [NH_4^+] \cdot \frac{Qb \cdot [H^+] + Qw}{Qb \cdot [H^+]}$ $[NH_4^+] = \frac{C'_{NH_3} \cdot Qb \cdot [H^+]}{Qb \cdot [H^+] + Qw}$ <p>Sustituyendo las respectivas fórmulas se obtiene que:</p> $\frac{V_{Ali} \cdot [NH_3]}{V_{add H^+} + V_{Ali}} \cdot \frac{Qb \cdot [H^+]}{Qb \cdot [H^+] + Qw} + [H^+] = \frac{V_{add H^+} \cdot [HCl]}{V_{add H^+} + V_{Ali}} + \frac{Qw}{[H^+]}$	$C'_{NH_3} = [NH_4^+] \cdot \frac{Qb \cdot [H^+] + Qw}{Qb \cdot [H^+]}$ $[NH_4^+] = \frac{NH_3 \cdot Qb \cdot [H^+]}{Qb \cdot [H^+] + Qw}$ <p>Sustituyendo las respectivas fórmulas se obtiene que:</p> $\frac{V_{Ali} \cdot [NH_3]}{V_{add H^+} + V_{Ali}} \cdot \frac{Qb \cdot [H^+]}{Qb \cdot [H^+] + Qw} + [H^+] = \frac{V_{add H^+} \cdot [HCl]}{V_{add H^+} + V_{Ali}} + \frac{Qw}{[H^+]}$					
--	--	---	--	--	--	--	--	--

Tabla 13. Vaciado de información de la descripción del sistema, estudiante 3.

De esta manera el estudiante 3 obtiene una valoración total de 17 como se evidencia en la tabla 13, lo cual lo categoriza en un nivel de comprensión de “Maestro”, en un momento parcial del desarrollo de la estrategia didáctica.

E8

No	Indicador	¿Qué se debe comprender?	¿Qué comprende?	Valoración				
				Ta	A	Pa	Ma	Na
1	El estudiante plantea con claridad los equilibrios de ciertas especies ácidas y básicas, indicando la adecuada disociación de las sustancias, aclarando el estado en el cual	$CH_3COOH_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow CH_3COO^-_{(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$ $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$ $NaOH_{(ac)} \leftrightarrow Na^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$	$HAc_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow Ac^-_{(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$ $NaOH \leftrightarrow Na^+ + OH^-$	4	3	2	1	0

	se encuentra cada una de las sustancias.																															
2	El estudiante plantea la constante de acidez y basicidad correspondiente a cada uno de los ejemplos dados, teniendo en cuenta la adecuada escritura de las especies implicadas y de la constante.	$Q_a = \frac{[CH_3COO^-]^1 * [H_3O^+]}{[CH_3COOH]^1}$ $Q_w = [H_3O^+]^1 * [OH^-]^1$	$Q_a = \frac{[CH_3COO^-] * [H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$ $Q_w = [H_3O^+] * [OH^-]$	4	3	2	1	0																								
3	El estudiante identifica las especies químicas que se ven implicadas en los equilibrios a tratar, contemplando los cationes, aniones y las moléculas (Balance de especies).	<table border="1"> <tr><th colspan="2">Cationes</th></tr> <tr><td>H⁺</td><td>Na⁺</td></tr> <tr><th colspan="2">Aniones</th></tr> <tr><td>CH₃COO⁻</td><td>OH⁻</td></tr> <tr><th colspan="2">Moléculas</th></tr> <tr><td>CH₃COOH</td><td></td></tr> </table>	Cationes		H ⁺	Na ⁺	Aniones		CH ₃ COO ⁻	OH ⁻	Moléculas		CH ₃ COOH		<table border="1"> <tr><th colspan="2">Cationes</th></tr> <tr><td>H</td><td>Na</td></tr> <tr><th colspan="2">Ion</th></tr> <tr><td>Ac</td><td>OH</td></tr> <tr><th colspan="2">Moléculas</th></tr> <tr><td>HAc</td><td></td></tr> </table>	Cationes		H	Na	Ion		Ac	OH	Moléculas		HAc		4	3	2	1	0
Cationes																																
H ⁺	Na ⁺																															
Aniones																																
CH ₃ COO ⁻	OH ⁻																															
Moléculas																																
CH ₃ COOH																																
Cationes																																
H	Na																															
Ion																																
Ac	OH																															
Moléculas																																
HAc																																
4	El estudiante relaciona las especies químicas implicadas en los equilibrios con su respectivo balance de electroneutralidad, planteando éste de manera adecuada.	$[H^+] + [Na^+] = [OH^-] + [CH_3COO^-]$	$[Na^+] + [H^+] = [Ac^-] + [OH^-]$	4	3	2	1	0																								
5	El estudiante plantea el balance de material de			4	3	2	1	0																								

<p>manera adecuada con sus respectivos procesos matemáticos, sustituyendo las ecuaciones implicadas en el estudio del sistema, para obtener una ecuación final que involucre el análisis del sistema.</p>	$C'_{Na^+} = \frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{CH_3COOH} = \frac{V_{Ali} * [CH_3COOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{CH_3COOH} = [CH_3COO^-] + [CH_3COOH]$ <p>Despeje de ecuaciones</p> $C'_{CH_3COOH} = \frac{[CH_3COO^-] + [CH_3COO^-] * [H_3O^+]}{Qa}$ $C'_{CH_3COOH} = [CH_3COO^-] * \left(1 + \frac{[H_3O^+]}{Qa}\right)$ $C'_{CH_3COOH} = \frac{[CH_3COO^-] * (Qa + [H_3O^+])}{Qa}$ $[CH_3COO^-] = \frac{C'_{CH_3COOH} * Qa}{Qa + [H_3O^+]}$ <p>Sustituyendo las respectivas fórmulas se obtiene que:</p>	$C'_{Na^+} = \frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{HAc} = \frac{V_{Ali} * [CH_3COOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{HAc} = [Ac^-] + [HAc]$ <p>Despeje de ecuaciones</p> $C'_{HAc} = \frac{[Ac^-] + [Ac^-] * [H^+]}{Qa}$ $C'_{HAc} = [Ac^-] * \left(1 + \frac{[H^+]}{Qa}\right)$ $C'_{HAc} = [Ac^-] * \frac{Qa + [H^+]}{Qa}$ $[Ac^-] = \frac{C'_{HAc} * Qa}{Qa + [H^+]}$ <p>Teniendo como ecuación final:</p> $\frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{Vt} + [H^+] = \frac{C'_{HAc} * Qa}{Qa + [H^+]} + \frac{Qw}{[H^+]}$				
---	---	--	--	--	--	--

		$\frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali} + [H_3O^+]}$ $= \frac{V_{Ali} * [CH_3COOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $* \frac{Qa}{Qa + [H_3O^+]}$ $+ \frac{Qw}{[H_3O^+]}$					
--	--	---	--	--	--	--	--

Tabla 14. Vaciado de información de la descripción del sistema, estudiante 8.

De esta manera el estudiante 8 obtiene una valoración total de 14 como se evidencia en la tabla 14, lo cual lo categoriza en un nivel de comprensión de “Aprendiz”, en un momento parcial de la implementación de la estrategia didáctica.

E11

No	Indicador	¿Qué se debe comprender?	¿Qué comprende?	Valoración				
				Ta	A	Pa	Ma	Na
1	El estudiante plantea con claridad los equilibrios de ciertas especies ácidas y básicas, indicando la adecuada disociación de las sustancias, aclarando el estado en el cual se encuentra cada una de las sustancias.	<p>Aclarando que HAS es Ácido Acetilsalicílico, y As⁻ es el ion acetilsalicilato.</p> $HAS_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow AS_{(ac)}^- + H_3O_{(ac)}^+$ $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O_{(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$ $NaOH_{(ac)} \leftrightarrow Na_{(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$	<p>Aclarando que HAS es Ácido Acetilsalicílico, y As⁻ es el ion acetilsalicilato.</p> $HAS_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow AS_{(ac)}^- + H_3O_{(ac)}^+$ $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O_{(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$ $NaOH_{(ac)} \leftrightarrow Na_{(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$	4	3	2	1	0
2	El estudiante plantea la constante de acidez y basicidad correspondiente a cada uno de los ejemplos dados,	$Qa = \frac{[As^-]^1 * [H_3O^+]^1}{[HAS]^1}$	$Qa = \frac{[As^-] * [H_3O^+]}{[HAS]}$ $Qw = [H^+] * [OH^-]$	4	3	2	1	0

	teniendo en cuenta la adecuada escritura de las especies implicadas y de la constante.	$Q_w = [H_3O^+]^1 * [OH^-]^1$																														
	El estudiante identifica las especies químicas que se ven implicadas en los equilibrios a tratar, contemplando los cationes, aniones y las moléculas (Balance de especies).	<table border="1"> <tr><td colspan="2">Cationes</td></tr> <tr><td>H⁺</td><td>Na⁺</td></tr> <tr><td colspan="2">Aniones</td></tr> <tr><td>As⁻</td><td>OH⁻</td></tr> <tr><td colspan="2">Moléculas</td></tr> <tr><td>HAs</td><td></td></tr> </table>	Cationes		H ⁺	Na ⁺	Aniones		As ⁻	OH ⁻	Moléculas		HAs		<table border="1"> <tr><td colspan="2">Cationes</td></tr> <tr><td>H⁺</td><td>Na⁺</td></tr> <tr><td colspan="2">Ion</td></tr> <tr><td>As⁻</td><td>OH⁻</td></tr> <tr><td colspan="2">Moléculas</td></tr> <tr><td>HAs</td><td></td></tr> </table>	Cationes		H ⁺	Na ⁺	Ion		As ⁻	OH ⁻	Moléculas		HAs		4	3	2	1	0
Cationes																																
H ⁺	Na ⁺																															
Aniones																																
As ⁻	OH ⁻																															
Moléculas																																
HAs																																
Cationes																																
H ⁺	Na ⁺																															
Ion																																
As ⁻	OH ⁻																															
Moléculas																																
HAs																																
4	El estudiante relaciona las especies químicas implicadas en los equilibrios con su respectivo balance de electroneutralidad, planteando éste de manera adecuada.	$[H^+] + [Na^+] = [OH^-] + [As^-]$	$[Na^+] + [H^+] = [HCOO^-] + [OH^-]$	4	3	2	1	0																								
5	El estudiante plantea el balance de material de manera adecuada con sus respectivos procesos matemáticos, sustituyendo las ecuaciones implicadas en el estudio del sistema, para	$C'_{Na^+} = \frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{HAS} = \frac{V_{Ali} * [HAS]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{HAS} = [As^-] + [HAS]$ <p>Despeje de ecuaciones</p>	$C'_{Na^+} = \frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{V_t}$ $C'_{HAS} = \frac{V_{Ali} * [HAS]}{V_t}$ $C'_{HAS} = [As^-] + [HAS]$ <p>Despeje de ecuaciones</p>	4	3	2	1	0																								

<p>obtener una ecuación final que involucre el análisis del sistema.</p>	$C'_{HAS} = [As^{-}] + \frac{[As^{-}] * [H_3O^{+}]}{Qa}$ $C'_{HAS} = [As^{-}] * (1 + \frac{*[H_3O^{+}]}{Qa})$ $C'_{HAS} = [As^{-}] * \frac{Qa + [H_3O^{+}]}{Qa}$ $[As^{-}] = \frac{C'_{HAS} * Qa}{Qa + [H_3O^{+}]}$ <p>Sustituyendo las respectivas fórmulas se obtiene que:</p> $\frac{V_{add\ OH^{-}} * [NaOH]}{V_{add\ OH^{-}} + V_{Ali} + [H_3O^{+}]} + \frac{V_{Ali} * [HAS]}{V_{add\ OH^{-}} + V_{Ali}} * \frac{Qa + [H_3O^{+}]}{Qa} + \frac{Qw}{[H_3O^{+}]}$	$C'_{HAS} = [As^{-}] + \frac{[As^{-}] * [H^{+}]}{Qa}$ $= [As^{-}] * (1 + \frac{*[H^{+}]}{Qa})$ $C'_{HAS} = [As^{-}] * \frac{Qa + [H^{+}]}{Qa}$ $[As^{-}] = \frac{C'_{HAS} * Qa}{Qa + [H^{+}]}$ <p>Teniendo como ecuación final:</p> $\frac{V_{add\ OH^{-}} * [NaOH]}{V_{add\ OH^{-}} + V_{Ali} + [H_3O^{+}]} = \frac{V_{Ali} * [HAS]}{V_{add\ OH^{-}} + V_{Ali}} * \frac{Qa + [H^{+}]}{Qa} + \frac{Qw}{[H^{+}]}$	
--	---	--	--

Tabla 15. Vaciado de información de la descripción del sistema, estudiante 11.

De esta manera el estudiante 11 obtiene una valoración total de 15 como se evidencia en la tabla 15, lo cual lo categoriza en un nivel de comprensión de “Aprendiz” en un momento parcial de la implementación de la estrategia didáctica.

De esta manera se realiza la valoración de cada uno de los estudiantes para llegar a la categorización del nivel de comprensión en un momento parcial durante la implementación de la estrategia didáctica, en torno a las diversas etapas analíticas que

se requieren para el estudio de los diferentes equilibrios químicos. De modo que se obtiene la siguiente categorización (ver tabla 16):

Categoría	Cantidad de Estudiantes
Ingenuo	0
Novato	0
Aprendiz	8
Maestro	3

Tabla 16. Recopilación general de los niveles de comprensión en un momento parcial.

Respecto a esta categorización de los estudiantes según su nivel de comprensión en un momento parcial frente a la descripción de los sistemas en equilibrio, se realiza un seguimiento personalizado en donde se evidencia la comprensión de manera progresiva de cada uno de ellos, con lo que se evidencia en la tabla 17 se tiene que:

Estudiante	Puntuación	Nivel de Comprensión
E1	15	Aprendiz
E2	15	Aprendiz
E3	17	Maestro
E4	14	Aprendiz
E5	17	Maestro
E6	14	Aprendiz
E7	16	Maestro
E8	14	Aprendiz
E9	15	Aprendiz
E10	14	Aprendiz
E11	15	Aprendiz

Tabla 17. Recopilación individual de los niveles de comprensión en un momento parcial.

A partir de los resultados del momento parcial de la estrategia didáctica, se tiene una categorización del nivel de comprensión de los estudiantes, en donde 3 estudiantes se encuentran en un nivel de comprensión de “Maestro”, y 8 estudiantes se encuentran en un nivel de comprensión de “Aprendiz” (Tabla 16), esto se debe a que según las diversas actividades que se retroalimentaron durante la estrategia didáctica, enfocadas a la matematización del equilibrio químico permitió una comprensión en los estudiantes acerca del despeje de ecuaciones, de la sustitución de ecuaciones y el planteamiento adecuado según su sistema del balance de material, el balance de electroneutralidad y

el balance de especies, llegando a una descripción buena del sistema en equilibrio. Según (Garritz, Irazoque, & Izquierdo, 2012, pág. 3979), mencionan que “*Teaching Chemical Equilibrium implies a great challenge because of its specificity and complexity. To understand equilibrium, it is necessary to know and use other specific and abstract concepts, which also have important learning difficulties, for instance: chemical reaction, stoichiometry and kinetics*”, por lo cual indica que para la enseñanza y el aprendizaje del equilibrio químico es necesaria la comprensión de otros conceptos relacionados a éste, que son importantes para la lograr una adecuada matematización de la química como lo pueden ser los métodos estequiométricos. Adicional a ello, los índices de comprensión de los estudiantes en un momento parcial que se obtienen a partir de la estrategia didáctica se puede considerar buenos, debido a que al realizarse una estrategia didáctica enfocada en la EpC, se está fundamentando en los pilares de la comprensión, más específicamente en los desempeños de comprensión y la evaluación diagnóstica continua que plantea (Clavel & Torres, 2010), los cuales permiten que el estudiante comprenda con facilidad los conocimientos impartidos por parte del docente, llegando a cumplir con dichos desempeños de comprensión desde la investigación guiada y la evaluación diagnóstica continua, permitiendo así, que el estudiante se encuentre en un constante cuestionamiento de lo ocurrido en el estudio del sistema en equilibrio, llegando a apoyarse con el docente en la diversas sesiones de trabajo; además de poder pensar flexiblemente frente a una situación determinada, siendo el caso particular el estudio del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido base.

6.3. Modelación Matemática

En un momento final de la estrategia didáctica planteada en esta investigación se realiza una categorización de los estudiantes según su nivel de comprensión, y es por ello que se considera pertinente plantear una escala numérica que permita dicha categorización como se evidencia en la tabla 18. Cabe aclarar que cada uno de los indicadores planteados tiene un valor mínimo de 0 y un valor máximo de 4.

Valoración	Nivel de Comprensión
0 –4 pts	Ingenuo
5 – 10 pts	Novato
11 – 15 pts	Aprendiz
16 -20 pts	Maestría

Tabla 18. Valores de categorización según los niveles de comprensión de los estudiantes en la fase “modelización matemática”.

Nivel de Comprensión	Indicador
Ingenuo	El estudiante NO plantea adecuadamente el sistema de estudio, en cuanto a que no relaciona adecuadamente la ecuación de equilibrio con las diferentes etapas analíticas que plantea (Clavijo Díaz, 2002), para el estudio de equilibrios químicos. Adicional a ello, no presenta una modelización matemática correcta del sistema en la hoja de cálculo de Excel.
Novato	El estudiante se aproxima a la descripción del sistema de estudio, pero presenta diversos errores en el desarrollo de las etapas analíticas para el estudio de equilibrios químicos que plantea (Clavijo Díaz, 2002), de modo que presenta errores en la modelización matemática del sistema en la hoja de cálculo de Excel.
Aprendiz	El estudiante describe el sistema de estudio adecuadamente, y desarrolla correctamente las etapas analíticas para el estudio de equilibrios químicos que plantea (Clavijo Díaz, 2002), pero llega a presentar errores en la modelización matemática del sistema en la hoja de cálculo de Excel.
Maestría	El estudiante describe el sistema de estudio adecuadamente, y desarrolla correctamente las etapas analíticas para el estudio de equilibrios químicos que plantea (Clavijo Díaz, 2002), presenta asertividad en la modelización matemática del sistema en la hoja de cálculo de Excel.

Tabla 19. Indicadores de los niveles de comprensión según la modelización matemática del sistema en equilibrio.

Adicional a ello para realizar la respectiva categorización de los estudiantes en un nivel de comprensión, es fundamental realizar una matriz de vaciado, en la cual se especifica cada una de las cuestiones planteadas en la descripción del sistema y la respectiva implementación de la hoja de cálculo de Excel para su modelización matemática con base al equilibrio químico, llegando así a indicar el motivo y la razón por la cual se da cierta valoración a cada una de las cuestiones. Cabe aclarar que Ta: Totalmente acertada, obtiene una valoración de 4 puntos; A: Acertada, obtiene una valoración de 3 puntos; Pa: Parcialmente acertada, obtiene una valoración de 2 puntos; Ma: Mínimamente acertada, obtiene una valoración de 1 punto; y Na: No Acertada, obtiene una valoración de 0 puntos.

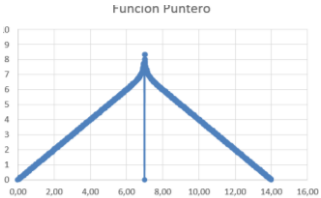
A continuación se evidencia las respuestas de 3 estudiantes, llegando así a una valoración (tabla 18) que permita categorizarlos en un nivel de comprensión en un momento final de la implementación de la estrategia didáctica (ver Tabla 19).

E3

No	Indicador	¿Qué se debe comprender?	¿Qué comprende?	Valoración																
				Ta	A	Pa	Ma	Na												
1	El estudiante describe con claridad el sistema de estudio, planteando adecuadamente las ecuaciones de equilibrio, indicando el estado de las diferentes especies químicas involucradas. Adicional a ello, plantea las respectivas constantes de equilibrio según las especies químicas implicadas.	$NH_{3(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow NH_{4(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$ $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O_{(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$ $HCl_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O_{(ac)}^+ + Cl_{(ac)}^-$ $Q_b = \frac{[NH_4^+]^1 * [OH^-]^1}{[NH_3]^1}$ $Q_w = [H_3O^+]^1 * [OH^-]^1$	$NH_{3(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow NH_{4(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$ $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O_{(ac)}^+ + OH_{(ac)}^-$ $HCl + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O_{(ac)}^+ + Cl_{(ac)}^-$ $Q_b = \frac{[NH_4^+] * [OH^-]}{[NH_3]}$ $Q_w = [H_3O^+] * [OH^-]$	4	3	2	1	0												
2	El estudiante realiza adecuadamente la caracterización del sistema en equilibrio contemplando las etapas analíticas planteadas por (Clavijo Díaz, 2002).	<p>Balance de especies</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Cationes</th> </tr> <tr> <td>H⁺</td> <td>NH₄⁺</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Aniones</th> </tr> <tr> <td>Cl⁻</td> <td>OH⁻</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Moléculas</th> </tr> <tr> <td>NH₃</td> <td></td> </tr> </table> <p>Balance de electroneutralidad</p> $[NH_4^+] + [H^+] = [Cl^-] + [OH^-]$	Cationes		H ⁺	NH ₄ ⁺	Aniones		Cl ⁻	OH ⁻	Moléculas		NH ₃		<p>Balance de especies</p> <p>Cationes: H⁺, NH₄⁺ Aniones: Cl⁻, OH⁻ Moléculas: NH₃</p> <p>Balance de electroneutralidad</p> $[NH_4^+] + [H^+] = [Cl^-] + [OH^-]$ <p>Balance de material</p> $C'_{Cl^-} = \frac{V_{add H^+} * [HCl]}{V_t}$ $C'_{NH_3} = \frac{V_{Ali} * [NH_3]}{V_t}$	4	3	2	1	0
Cationes																				
H ⁺	NH ₄ ⁺																			
Aniones																				
Cl ⁻	OH ⁻																			
Moléculas																				
NH ₃																				

		<p>Balance de material</p> $C'_{Cl^-} = \frac{V_{add H^+} * [HCl]}{V_{add H^+} + V_{Ali}}$ $C'_{NH_3} = \frac{V_{Ali} * [NH_3]}{V_{add H^+} + V_{Ali}}$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] + [NH_3]$ <p>Despeje de ecuaciones</p> $C'_{NH_3} = [NH_4^+] + \frac{[[NH_4^+] * [OH^-]]}{Qb}$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] * (1 + \frac{[OH^-]}{Qb})$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] * (1 + \frac{Qw}{Qb * [H^+]})$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] * \frac{Qb * [H^+] + Qw}{Qb * [H^+]}$ $[NH_4^+] = \frac{NH_3 * Qb * [H^+]}{Qb * [H^+] + Qw}$ $C'_{NH_3} = \frac{V_{Ali} * [NH_3]}{V_{add H^+} + V_{Ali}} * \frac{Qb * [H^+] + Qw}{Qb * [H^+] + Qw} + [H^+] \frac{V_{add H^+} * [HCl]}{V_{add H^+} + V_{Ali}} + \frac{Qw}{[H^+]}$ $[NH_4^+] = \frac{C'_{NH_3} * Qb * [H^+]}{Qb * [H^+] + Qw}$ <p>Sustituyendo las respectivas fórmulas se obtiene que:</p>	$C'_{NH_3} = [NH_4^+] + [NH_3]$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] + \frac{[[NH_4^+] * [OH^-]]}{Qb}$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] * (1 + \frac{[OH^-]}{Qb})$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] * (1 + \frac{Qw}{Qb * [H^+]})$ $C'_{NH_3} = [NH_4^+] * \frac{Qb * [H^+] + Qw}{Qb * [H^+]}$ $[NH_4^+] = \frac{NH_3 * Qb * [H^+]}{Qb * [H^+] + Qw}$ $C'_{NH_3} = \frac{V_{Ali} * [NH_3]}{V_{add H^+} + V_{Ali}} * \frac{Qb * [H^+] + Qw}{Qb * [H^+] + Qw} + [H^+] \frac{V_{add H^+} * [HCl]}{V_{add H^+} + V_{Ali}} + \frac{Qw}{[H^+]}$					
--	--	---	--	--	--	--	--	--

		$\frac{V_{Ali} * [NH_3]}{V_{add H^+} + V_{Ali}} * \frac{Qb * [H^+]}{Qb * [H^+] + Qw} + [H^+] = \frac{V_{add H^+} * [HCl]}{V_{add H^+} + V_{Ali}} + \frac{Qw}{[H^+]}$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
3	El estudiante plantea adecuadamente la modelización matemática en la hoja de cálculo de Excel, permitiendo interpretar adecuadamente a nivel químico-matemático el sistema a analizar (Sistema en equilibrio).	<table border="1"> <thead> <tr> <th>pH</th> <th>Na</th> <th>OH</th> <th>F.H.A</th> <th>AS</th> <th>FluV</th> <th>FuH</th> <th>FuH</th> <th>Función Puntero</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0,00</td><td>1,000</td><td>0,000</td><td>250,000</td><td>0,000</td><td>1,000</td><td>0,000</td><td>1,000</td><td>-0,00000000</td></tr> <tr><td>0,01</td><td>0,971</td><td>0,001</td><td>249,725</td><td>0,001</td><td>1,071</td><td>0,000</td><td>1,071</td><td>-0,00010000</td></tr> <tr><td>0,02</td><td>0,943</td><td>0,002</td><td>249,450</td><td>0,002</td><td>1,143</td><td>0,000</td><td>1,143</td><td>-0,00020000</td></tr> <tr><td>0,03</td><td>0,915</td><td>0,003</td><td>249,175</td><td>0,003</td><td>1,215</td><td>0,000</td><td>1,215</td><td>-0,00030000</td></tr> <tr><td>0,04</td><td>0,887</td><td>0,004</td><td>248,900</td><td>0,004</td><td>1,287</td><td>0,000</td><td>1,287</td><td>-0,00040000</td></tr> <tr><td>0,05</td><td>0,859</td><td>0,005</td><td>248,625</td><td>0,005</td><td>1,359</td><td>0,000</td><td>1,359</td><td>-0,00050000</td></tr> <tr><td>0,06</td><td>0,831</td><td>0,006</td><td>248,350</td><td>0,006</td><td>1,431</td><td>0,000</td><td>1,431</td><td>-0,00060000</td></tr> <tr><td>0,07</td><td>0,803</td><td>0,007</td><td>248,075</td><td>0,007</td><td>1,503</td><td>0,000</td><td>1,503</td><td>-0,00070000</td></tr> <tr><td>0,08</td><td>0,775</td><td>0,008</td><td>247,800</td><td>0,008</td><td>1,575</td><td>0,000</td><td>1,575</td><td>-0,00080000</td></tr> <tr><td>0,09</td><td>0,747</td><td>0,009</td><td>247,525</td><td>0,009</td><td>1,647</td><td>0,000</td><td>1,647</td><td>-0,00090000</td></tr> <tr><td>0,10</td><td>0,719</td><td>0,010</td><td>247,250</td><td>0,010</td><td>1,719</td><td>0,000</td><td>1,719</td><td>-0,00100000</td></tr> <tr><td>0,11</td><td>0,691</td><td>0,011</td><td>246,975</td><td>0,011</td><td>1,791</td><td>0,000</td><td>1,791</td><td>-0,00110000</td></tr> <tr><td>0,12</td><td>0,663</td><td>0,012</td><td>246,700</td><td>0,012</td><td>1,863</td><td>0,000</td><td>1,863</td><td>-0,00120000</td></tr> <tr><td>0,13</td><td>0,635</td><td>0,013</td><td>246,425</td><td>0,013</td><td>1,935</td><td>0,000</td><td>1,935</td><td>-0,00130000</td></tr> <tr><td>0,14</td><td>0,607</td><td>0,014</td><td>246,150</td><td>0,014</td><td>2,007</td><td>0,000</td><td>2,007</td><td>-0,00140000</td></tr> <tr><td>0,15</td><td>0,579</td><td>0,015</td><td>245,875</td><td>0,015</td><td>2,079</td><td>0,000</td><td>2,079</td><td>-0,00150000</td></tr> <tr><td>0,16</td><td>0,551</td><td>0,016</td><td>245,600</td><td>0,016</td><td>2,151</td><td>0,000</td><td>2,151</td><td>-0,00160000</td></tr> <tr><td>0,17</td><td>0,523</td><td>0,017</td><td>245,325</td><td>0,017</td><td>2,223</td><td>0,000</td><td>2,223</td><td>-0,00170000</td></tr> <tr><td>0,18</td><td>0,495</td><td>0,018</td><td>245,050</td><td>0,018</td><td>2,295</td><td>0,000</td><td>2,295</td><td>-0,00180000</td></tr> <tr><td>0,19</td><td>0,467</td><td>0,019</td><td>244,775</td><td>0,019</td><td>2,367</td><td>0,000</td><td>2,367</td><td>-0,00190000</td></tr> <tr><td>0,20</td><td>0,439</td><td>0,020</td><td>244,500</td><td>0,020</td><td>2,439</td><td>0,000</td><td>2,439</td><td>-0,00200000</td></tr> <tr><td>0,21</td><td>0,411</td><td>0,021</td><td>244,225</td><td>0,021</td><td>2,511</td><td>0,000</td><td>2,511</td><td>-0,00210000</td></tr> <tr><td>0,22</td><td>0,383</td><td>0,022</td><td>243,950</td><td>0,022</td><td>2,583</td><td>0,000</td><td>2,583</td><td>-0,00220000</td></tr> <tr><td>0,23</td><td>0,355</td><td>0,023</td><td>243,675</td><td>0,023</td><td>2,655</td><td>0,000</td><td>2,655</td><td>-0,00230000</td></tr> <tr><td>0,24</td><td>0,327</td><td>0,024</td><td>243,400</td><td>0,024</td><td>2,727</td><td>0,000</td><td>2,727</td><td>-0,00240000</td></tr> <tr><td>0,25</td><td>0,299</td><td>0,025</td><td>243,125</td><td>0,025</td><td>2,799</td><td>0,000</td><td>2,799</td><td>-0,00250000</td></tr> <tr><td>0,26</td><td>0,271</td><td>0,026</td><td>242,850</td><td>0,026</td><td>2,871</td><td>0,000</td><td>2,871</td><td>-0,00260000</td></tr> <tr><td>0,27</td><td>0,243</td><td>0,027</td><td>242,575</td><td>0,027</td><td>2,943</td><td>0,000</td><td>2,943</td><td>-0,00270000</td></tr> <tr><td>0,28</td><td>0,215</td><td>0,028</td><td>242,300</td><td>0,028</td><td>3,015</td><td>0,000</td><td>3,015</td><td>-0,00280000</td></tr> <tr><td>0,29</td><td>0,187</td><td>0,029</td><td>242,025</td><td>0,029</td><td>3,087</td><td>0,000</td><td>3,087</td><td>-0,00290000</td></tr> <tr><td>0,30</td><td>0,159</td><td>0,030</td><td>241,750</td><td>0,030</td><td>3,159</td><td>0,000</td><td>3,159</td><td>-0,00300000</td></tr> <tr><td>0,31</td><td>0,131</td><td>0,031</td><td>241,475</td><td>0,031</td><td>3,231</td><td>0,000</td><td>3,231</td><td>-0,00310000</td></tr> <tr><td>0,32</td><td>0,103</td><td>0,032</td><td>241,200</td><td>0,032</td><td>3,303</td><td>0,000</td><td>3,303</td><td>-0,00320000</td></tr> <tr><td>0,33</td><td>0,075</td><td>0,033</td><td>240,925</td><td>0,033</td><td>3,375</td><td>0,000</td><td>3,375</td><td>-0,00330000</td></tr> <tr><td>0,34</td><td>0,047</td><td>0,034</td><td>240,650</td><td>0,034</td><td>3,447</td><td>0,000</td><td>3,447</td><td>-0,00340000</td></tr> <tr><td>0,35</td><td>0,019</td><td>0,035</td><td>240,375</td><td>0,035</td><td>3,519</td><td>0,000</td><td>3,519</td><td>-0,00350000</td></tr> <tr><td>0,36</td><td>0,000</td><td>0,036</td><td>240,100</td><td>0,036</td><td>3,591</td><td>0,000</td><td>3,591</td><td>-0,00360000</td></tr> <tr><td>0,37</td><td>0,000</td><td>0,037</td><td>239,825</td><td>0,037</td><td>3,663</td><td>0,000</td><td>3,663</td><td>-0,00370000</td></tr> <tr><td>0,38</td><td>0,000</td><td>0,038</td><td>239,550</td><td>0,038</td><td>3,735</td><td>0,000</td><td>3,735</td><td>-0,00380000</td></tr> <tr><td>0,39</td><td>0,000</td><td>0,039</td><td>239,275</td><td>0,039</td><td>3,807</td><td>0,000</td><td>3,807</td><td>-0,00390000</td></tr> <tr><td>0,40</td><td>0,000</td><td>0,040</td><td>239,000</td><td>0,040</td><td>3,879</td><td>0,000</td><td>3,879</td><td>-0,00400000</td></tr> <tr><td>0,41</td><td>0,000</td><td>0,041</td><td>238,725</td><td>0,041</td><td>3,951</td><td>0,000</td><td>3,951</td><td>-0,00410000</td></tr> <tr><td>0,42</td><td>0,000</td><td>0,042</td><td>238,450</td><td>0,042</td><td>4,023</td><td>0,000</td><td>4,023</td><td>-0,00420000</td></tr> <tr><td>0,43</td><td>0,000</td><td>0,043</td><td>238,175</td><td>0,043</td><td>4,095</td><td>0,000</td><td>4,095</td><td>-0,00430000</td></tr> <tr><td>0,44</td><td>0,000</td><td>0,044</td><td>237,900</td><td>0,044</td><td>4,167</td><td>0,000</td><td>4,167</td><td>-0,00440000</td></tr> <tr><td>0,45</td><td>0,000</td><td>0,045</td><td>237,625</td><td>0,045</td><td>4,239</td><td>0,000</td><td>4,239</td><td>-0,00450000</td></tr> <tr><td>0,46</td><td>0,000</td><td>0,046</td><td>237,350</td><td>0,046</td><td>4,311</td><td>0,000</td><td>4,311</td><td>-0,00460000</td></tr> <tr><td>0,47</td><td>0,000</td><td>0,047</td><td>237,075</td><td>0,047</td><td>4,383</td><td>0,000</td><td>4,383</td><td>-0,00470000</td></tr> <tr><td>0,48</td><td>0,000</td><td>0,048</td><td>236,800</td><td>0,048</td><td>4,455</td><td>0,000</td><td>4,455</td><td>-0,00480000</td></tr> <tr><td>0,49</td><td>0,000</td><td>0,049</td><td>236,525</td><td>0,049</td><td>4,527</td><td>0,000</td><td>4,527</td><td>-0,00490000</td></tr> <tr><td>0,50</td><td>0,000</td><td>0,050</td><td>236,250</td><td>0,050</td><td>4,599</td><td>0,000</td><td>4,599</td><td>-0,00500000</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr><td>NaOH</td><td>0,1</td><td>Qw</td><td>1E-14</td></tr> <tr><td>HAS</td><td>0,1</td><td>Qa</td><td>3,162,E-04</td></tr> <tr><td>Vali</td><td>25</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Vadd</td><td>15</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Na+*</td><td>0,0375</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>AS-*</td><td>0,0625</td><td></td><td></td></tr> </table> 	pH	Na	OH	F.H.A	AS	FluV	FuH	FuH	Función Puntero	0,00	1,000	0,000	250,000	0,000	1,000	0,000	1,000	-0,00000000	0,01	0,971	0,001	249,725	0,001	1,071	0,000	1,071	-0,00010000	0,02	0,943	0,002	249,450	0,002	1,143	0,000	1,143	-0,00020000	0,03	0,915	0,003	249,175	0,003	1,215	0,000	1,215	-0,00030000	0,04	0,887	0,004	248,900	0,004	1,287	0,000	1,287	-0,00040000	0,05	0,859	0,005	248,625	0,005	1,359	0,000	1,359	-0,00050000	0,06	0,831	0,006	248,350	0,006	1,431	0,000	1,431	-0,00060000	0,07	0,803	0,007	248,075	0,007	1,503	0,000	1,503	-0,00070000	0,08	0,775	0,008	247,800	0,008	1,575	0,000	1,575	-0,00080000	0,09	0,747	0,009	247,525	0,009	1,647	0,000	1,647	-0,00090000	0,10	0,719	0,010	247,250	0,010	1,719	0,000	1,719	-0,00100000	0,11	0,691	0,011	246,975	0,011	1,791	0,000	1,791	-0,00110000	0,12	0,663	0,012	246,700	0,012	1,863	0,000	1,863	-0,00120000	0,13	0,635	0,013	246,425	0,013	1,935	0,000	1,935	-0,00130000	0,14	0,607	0,014	246,150	0,014	2,007	0,000	2,007	-0,00140000	0,15	0,579	0,015	245,875	0,015	2,079	0,000	2,079	-0,00150000	0,16	0,551	0,016	245,600	0,016	2,151	0,000	2,151	-0,00160000	0,17	0,523	0,017	245,325	0,017	2,223	0,000	2,223	-0,00170000	0,18	0,495	0,018	245,050	0,018	2,295	0,000	2,295	-0,00180000	0,19	0,467	0,019	244,775	0,019	2,367	0,000	2,367	-0,00190000	0,20	0,439	0,020	244,500	0,020	2,439	0,000	2,439	-0,00200000	0,21	0,411	0,021	244,225	0,021	2,511	0,000	2,511	-0,00210000	0,22	0,383	0,022	243,950	0,022	2,583	0,000	2,583	-0,00220000	0,23	0,355	0,023	243,675	0,023	2,655	0,000	2,655	-0,00230000	0,24	0,327	0,024	243,400	0,024	2,727	0,000	2,727	-0,00240000	0,25	0,299	0,025	243,125	0,025	2,799	0,000	2,799	-0,00250000	0,26	0,271	0,026	242,850	0,026	2,871	0,000	2,871	-0,00260000	0,27	0,243	0,027	242,575	0,027	2,943	0,000	2,943	-0,00270000	0,28	0,215	0,028	242,300	0,028	3,015	0,000	3,015	-0,00280000	0,29	0,187	0,029	242,025	0,029	3,087	0,000	3,087	-0,00290000	0,30	0,159	0,030	241,750	0,030	3,159	0,000	3,159	-0,00300000	0,31	0,131	0,031	241,475	0,031	3,231	0,000	3,231	-0,00310000	0,32	0,103	0,032	241,200	0,032	3,303	0,000	3,303	-0,00320000	0,33	0,075	0,033	240,925	0,033	3,375	0,000	3,375	-0,00330000	0,34	0,047	0,034	240,650	0,034	3,447	0,000	3,447	-0,00340000	0,35	0,019	0,035	240,375	0,035	3,519	0,000	3,519	-0,00350000	0,36	0,000	0,036	240,100	0,036	3,591	0,000	3,591	-0,00360000	0,37	0,000	0,037	239,825	0,037	3,663	0,000	3,663	-0,00370000	0,38	0,000	0,038	239,550	0,038	3,735	0,000	3,735	-0,00380000	0,39	0,000	0,039	239,275	0,039	3,807	0,000	3,807	-0,00390000	0,40	0,000	0,040	239,000	0,040	3,879	0,000	3,879	-0,00400000	0,41	0,000	0,041	238,725	0,041	3,951	0,000	3,951	-0,00410000	0,42	0,000	0,042	238,450	0,042	4,023	0,000	4,023	-0,00420000	0,43	0,000	0,043	238,175	0,043	4,095	0,000	4,095	-0,00430000	0,44	0,000	0,044	237,900	0,044	4,167	0,000	4,167	-0,00440000	0,45	0,000	0,045	237,625	0,045	4,239	0,000	4,239	-0,00450000	0,46	0,000	0,046	237,350	0,046	4,311	0,000	4,311	-0,00460000	0,47	0,000	0,047	237,075	0,047	4,383	0,000	4,383	-0,00470000	0,48	0,000	0,048	236,800	0,048	4,455	0,000	4,455	-0,00480000	0,49	0,000	0,049	236,525	0,049	4,527	0,000	4,527	-0,00490000	0,50	0,000	0,050	236,250	0,050	4,599	0,000	4,599	-0,00500000	NaOH	0,1	Qw	1E-14	HAS	0,1	Qa	3,162,E-04	Vali	25			Vadd	15			Na+*	0,0375			AS-*	0,0625			No reporta		4	3	2	1	0
pH	Na	OH	F.H.A	AS	FluV	FuH	FuH	Función Puntero																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,00	1,000	0,000	250,000	0,000	1,000	0,000	1,000	-0,00000000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,01	0,971	0,001	249,725	0,001	1,071	0,000	1,071	-0,00010000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,02	0,943	0,002	249,450	0,002	1,143	0,000	1,143	-0,00020000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,03	0,915	0,003	249,175	0,003	1,215	0,000	1,215	-0,00030000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,04	0,887	0,004	248,900	0,004	1,287	0,000	1,287	-0,00040000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,05	0,859	0,005	248,625	0,005	1,359	0,000	1,359	-0,00050000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,06	0,831	0,006	248,350	0,006	1,431	0,000	1,431	-0,00060000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,07	0,803	0,007	248,075	0,007	1,503	0,000	1,503	-0,00070000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,08	0,775	0,008	247,800	0,008	1,575	0,000	1,575	-0,00080000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,09	0,747	0,009	247,525	0,009	1,647	0,000	1,647	-0,00090000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,10	0,719	0,010	247,250	0,010	1,719	0,000	1,719	-0,00100000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,11	0,691	0,011	246,975	0,011	1,791	0,000	1,791	-0,00110000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,12	0,663	0,012	246,700	0,012	1,863	0,000	1,863	-0,00120000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,13	0,635	0,013	246,425	0,013	1,935	0,000	1,935	-0,00130000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,14	0,607	0,014	246,150	0,014	2,007	0,000	2,007	-0,00140000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,15	0,579	0,015	245,875	0,015	2,079	0,000	2,079	-0,00150000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,16	0,551	0,016	245,600	0,016	2,151	0,000	2,151	-0,00160000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,17	0,523	0,017	245,325	0,017	2,223	0,000	2,223	-0,00170000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,18	0,495	0,018	245,050	0,018	2,295	0,000	2,295	-0,00180000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,19	0,467	0,019	244,775	0,019	2,367	0,000	2,367	-0,00190000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,20	0,439	0,020	244,500	0,020	2,439	0,000	2,439	-0,00200000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,21	0,411	0,021	244,225	0,021	2,511	0,000	2,511	-0,00210000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,22	0,383	0,022	243,950	0,022	2,583	0,000	2,583	-0,00220000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,23	0,355	0,023	243,675	0,023	2,655	0,000	2,655	-0,00230000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,24	0,327	0,024	243,400	0,024	2,727	0,000	2,727	-0,00240000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,25	0,299	0,025	243,125	0,025	2,799	0,000	2,799	-0,00250000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,26	0,271	0,026	242,850	0,026	2,871	0,000	2,871	-0,00260000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,27	0,243	0,027	242,575	0,027	2,943	0,000	2,943	-0,00270000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,28	0,215	0,028	242,300	0,028	3,015	0,000	3,015	-0,00280000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,29	0,187	0,029	242,025	0,029	3,087	0,000	3,087	-0,00290000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,30	0,159	0,030	241,750	0,030	3,159	0,000	3,159	-0,00300000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,31	0,131	0,031	241,475	0,031	3,231	0,000	3,231	-0,00310000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,32	0,103	0,032	241,200	0,032	3,303	0,000	3,303	-0,00320000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,33	0,075	0,033	240,925	0,033	3,375	0,000	3,375	-0,00330000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,34	0,047	0,034	240,650	0,034	3,447	0,000	3,447	-0,00340000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,35	0,019	0,035	240,375	0,035	3,519	0,000	3,519	-0,00350000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,36	0,000	0,036	240,100	0,036	3,591	0,000	3,591	-0,00360000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,37	0,000	0,037	239,825	0,037	3,663	0,000	3,663	-0,00370000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,38	0,000	0,038	239,550	0,038	3,735	0,000	3,735	-0,00380000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,39	0,000	0,039	239,275	0,039	3,807	0,000	3,807	-0,00390000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,40	0,000	0,040	239,000	0,040	3,879	0,000	3,879	-0,00400000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,41	0,000	0,041	238,725	0,041	3,951	0,000	3,951	-0,00410000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,42	0,000	0,042	238,450	0,042	4,023	0,000	4,023	-0,00420000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,43	0,000	0,043	238,175	0,043	4,095	0,000	4,095	-0,00430000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,44	0,000	0,044	237,900	0,044	4,167	0,000	4,167	-0,00440000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,45	0,000	0,045	237,625	0,045	4,239	0,000	4,239	-0,00450000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,46	0,000	0,046	237,350	0,046	4,311	0,000	4,311	-0,00460000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,47	0,000	0,047	237,075	0,047	4,383	0,000	4,383	-0,00470000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,48	0,000	0,048	236,800	0,048	4,455	0,000	4,455	-0,00480000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,49	0,000	0,049	236,525	0,049	4,527	0,000	4,527	-0,00490000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
0,50	0,000	0,050	236,250	0,050	4,599	0,000	4,599	-0,00500000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
NaOH	0,1	Qw	1E-14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
HAS	0,1	Qa	3,162,E-04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Vali	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Vadd	15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Na+*	0,0375																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
AS-*	0,0625																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
4	El estudiante relaciona la modelización matemática planteada en la hoja de cálculo de Excel con el desarrollo matemático de las etapas analíticas para el estudio de equilibrios químicos (iónicos) planteadas por (Clavijo Díaz, 2002), por medio de la función puntero.	<p>La función puntero permite determinar el pH de la solución según la concentración y el volumen de las especies implicadas.</p> <table border="1"> <tr><td>NaOH</td><td>0,1</td><td>Qw</td><td>1E-14</td></tr> <tr><td>HAS</td><td>0,1</td><td>Qa</td><td>3,162,E-04</td></tr> <tr><td>Vali</td><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Vadd</td><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Na+*</td><td>0,02857143</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>AS-*</td><td>0,07142857</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>En este caso se evidencia que el pH de la solución es 1,37.</p>	NaOH	0,1	Qw	1E-14	HAS	0,1	Qa	3,162,E-04	Vali	5			Vadd	2			Na+*	0,02857143			AS-*	0,07142857			No reporta		4	3	2	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
NaOH	0,1	Qw	1E-14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
HAS	0,1	Qa	3,162,E-04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Vali	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Vadd	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Na+*	0,02857143																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
AS-*	0,07142857																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

		<p>Serie "Función Puntero" Punto "1,37" (1,37, 3,700730338)</p> <p>Al variar las cantidades de las especies químicas se puede evidenciar una variación en la gráfica.</p> <table border="1" data-bbox="505 579 813 695"> <tr> <td>NaOH</td> <td>0,1</td> <td>Qw</td> <td>1E-14</td> </tr> <tr> <td>HAS</td> <td>0,1</td> <td>Qa</td> <td>3,162,E-04</td> </tr> <tr> <td>Vali</td> <td>5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vadd</td> <td>5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Na+*</td> <td>0,05</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>AS-*</td> <td>0,05</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>  <p>En este caso el pH que se tiene en la solución es de 7,01.</p> <p>Serie "Función Puntero" Punto "7,01" (7,01, 8,33671594)</p>	NaOH	0,1	Qw	1E-14	HAS	0,1	Qa	3,162,E-04	Vali	5			Vadd	5			Na+*	0,05			AS-*	0,05								
NaOH	0,1	Qw	1E-14																													
HAS	0,1	Qa	3,162,E-04																													
Vali	5																															
Vadd	5																															
Na+*	0,05																															
AS-*	0,05																															
5	<p>El estudiante plantea adecuadamente las funciones requeridas para la respectiva modelización matemática del sistema en equilibrio, en la hoja de cálculo de Excel.</p>	<p>Funciones:</p> <p>pH (Escala de 0,00 a 14,00).</p> <p>H⁺ (=POTENCIA(10;-B3)) donde B3 es una variable que corresponde a cada una de las casillas de la escala de pH.</p> <p>OH⁻ (=($\\$O\\2)/C3), donde $\\$O\\2 corresponde a la constante de autoprotolisis del agua Qw, y el C3</p>	No reporta	4	3	2	1	0																								

		<p>corresponde a la concentración de hidrogeniones, siendo esta una variable correspondiente al pH.</p> <p>F.H.A. $= (1 + \frac{K_2}{K_3 \cdot C_3})$), C_3 correspondiente a la concentración de hidrogeniones dependiente del pH, K_3 correspondiente a la constante de basicidad del amoníaco, y K_2 corresponde a la constante de autoprotólisis del agua.</p> <p>NH₄⁺ ($= \frac{M_7}{E_3}$), donde M_7 corresponde a la concentración corregida del ion amonio, y E_3 corresponde al F.H.A. determinado anteriormente.</p> <p>F₁H⁺ ($= F_3 + C_3$), donde C_3 corresponde a la concentración de hidrogeniones según el pH, y F_3 corresponde a la concentración del ion amonio.</p>						
--	--	---	--	--	--	--	--	--

		<p>$F_2H^+ = (M_6 + D_3)$, donde D_3 corresponde a la concentración de hidroxilos ligado a la variabilidad del pH, y M_6 corresponde a la concentración corregida del ion cloro.</p> <p>$F_1H^+ - F_2H^+ (=G_3 - H_3)$, como se evidencia, esta función es la diferencia (resta), entre el F_1H^+ correspondiente a las cargas positivas, y el F_2H^+ correspondiente a las cargas negativas del balance de electroneutralidad.</p> <p>Función Puntero (= $-\text{LOG}(\text{ABS}(I_3))$), correspondiente a la función logarítmica del valor absoluto de $F_1H^+ - F_2H^+$.</p>						
--	--	---	--	--	--	--	--	--

Tabla 20. Vaciado de información de la modelización matemática del sistema, estudiante 3.

De esta manera el estudiante 3 obtiene una valoración total de 6 como se evidencia en la tabla 20, lo cual lo categoriza en un nivel de comprensión de “Novato” al finalizar la implementación de la estrategia didáctica.

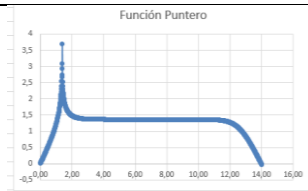
E7

No	Indicador	¿Qué se debe comprender?	¿Qué comprende?	Valoración				
				Ta	A	Pa	Ma	Na

1	<p>El estudiante describe con claridad el sistema de estudio, planteando adecuadamente las ecuaciones de equilibrio, indicando el estado de las diferentes especies químicas involucradas. Adicional a ello, plantea las respectivas constantes de equilibrio según las especies químicas implicadas.</p>	$CH_3COOH_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow CH_3COO^-_{(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$ $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$ $NaOH_{(ac)} \leftrightarrow Na^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$ $Qa = \frac{[CH_3COO^-] * [H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$ $Qw = [H_3O^+] * [OH^-]$ $Qa = \frac{[CH_3COO^-]^1 * [H_3O^+]^1}{[CH_3COOH]^1}$ $Qw = [H_3O^+]^1 * [OH^-]^1$	$HAc_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow Ac^-_{(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$ $NaOH \leftrightarrow Na^+ + OH^-$ $Qa = \frac{[CH_3COO^-] * [H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$ $Qw = [H_3O^+] * [OH^-]$	4	3	2	1	0												
2	<p>El estudiante realiza adecuadamente la caracterización del sistema en equilibrio contemplando las etapas analíticas planteadas por (Clavijo Díaz, 2002).</p>	<p>Balance de especies</p> <table border="1" data-bbox="500 1121 813 1423"> <thead> <tr> <th colspan="2">Cationes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H⁺</td> <td>Na⁺</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Aniones</th> </tr> <tr> <td>CH₃COO⁻</td> <td>OH⁻</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Moléculas</th> </tr> <tr> <td>CH₃COOH</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Balance de electroneutralidad</p> $[H^+] + [Na^+] = [OH^-] + [CH_3COO^-]$ <p>Balance de material</p>	Cationes		H ⁺	Na ⁺	Aniones		CH ₃ COO ⁻	OH ⁻	Moléculas		CH ₃ COOH		<p>Balance de especies</p> <p>Cationes: H, Na Aniones: Ac, OH Moléculas: HAc (ácido acético)</p> <p>Balance de electroneutralidad</p> $[Na^+] + [H^+] = [Ac^-] + [OH^-]$ <p>Balance de material</p> $C'_{Na^+} = \frac{V_{add OH^-} * [NaOH]}{V_{add OH^-} + V_{Ali}}$	4	3	2	1	0
Cationes																				
H ⁺	Na ⁺																			
Aniones																				
CH ₃ COO ⁻	OH ⁻																			
Moléculas																				
CH ₃ COOH																				

		$C'_{Na^+} = \frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{CH_3COOH} = \frac{V_{Ali} * [CH_3COOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{CH_3COOH} = [CH_3COO^-] + [CH_3COOH]$ <p>Despeje de ecuaciones</p> $C'_{CH_3COOH} = \frac{[CH_3COO^-] + \frac{[CH_3COO^-] * [H_3O^+]}{Qa}}{1 + \frac{[H_3O^+]}{Qa}}$ $C'_{CH_3COOH} = [CH_3COO^-] * \frac{Qa + [H_3O^+]}{Qa}$ $[CH_3COO^-] = \frac{C'_{CH_3COOH} * Qa}{Qa + [H_3O^+]}$ <p>Sustituyendo las respectivas fórmulas se obtiene que:</p>	$C'_{HAc} = \frac{V_{Ali} * [CH_3COOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{HAc} = [Ac^-] + [HAc]$ $C'_{HAc} = [Ac^-] + \frac{[Ac^-] * [H^+]}{Qa}$ $C'_{HAc} = [Ac^-] * (1 + \frac{[H^+]}{Qa})$ $C'_{HAc} = [Ac^-] * \frac{Qa + [H^+]}{Qa}$ $[Ac^-] = \frac{C'_{HAc} * Qa}{Qa + [H^+]}$ $\frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{Vt} + [H^+] = \frac{C'_{HAc} * Qa}{Qa + [H^+]} + \frac{Qw}{[H^+]}$					
--	--	--	--	--	--	--	--	--

(Clavijo Díaz, 2002), por medio de la función puntero.

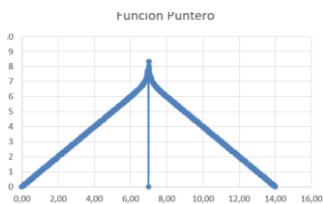


En este caso se evidencia que el pH de la solución es 1,37.

Serie "Función Puntero" Punto "1,37" (1,37, 3,700730338)

Al variar las cantidades de las especies químicas se puede evidenciar una variación en la gráfica.

NaOH	0,1	Qw	1E-14
HAS	0,1	Qa	3,162,E-04
Vali	5		
Vadd	5		
Na+*	0,05		
AS-*	0,05		



En este caso el pH que se tiene en la solución es de 7,01.

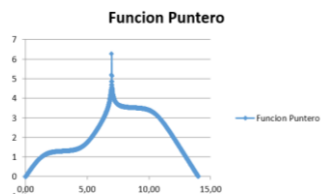
Serie "Función Puntero" Punto "7,01" (7,01, 8,33671594)

En este caso se evidencia que el pH de la solución es 4,36.

Serie "Funcion Puntero" Punto "4,76" (4,76, 4,760014381)

Al variar las cantidades de las especies químicas se puede evidenciar una variación en la gráfica.

NaOH	0,1	Qw	1E-14
HAS	0,1	Qa	0,00001738
Vali	10		
Vadd	9,94		
Na+*	0,0498495		
AS-*	0,0501505		



En este caso el pH que se tiene en la solución es de 6,98.

Serie "Funcion Puntero" Punto "6,98" (6,98, 6,286434483)

5

El estudiante plantea adecuadamente las funciones requeridas para la respectiva modelización matemática del sistema en

Revisar Blog <http://equilibrioacidobase.blogspot.es/categoria/modelizacion-matematica/>

Funciones:

Funciones:
pH (Escala de 0,00 a 14,00).
H⁺ (=POTENCIA(10;-B3)) donde B3 es una variable que corresponde a cada

4

3

2

1

0

	<p>equilibrio, en la hoja de cálculo de Excel.</p>	<p>pH (Escala de 0,00 a 14,00).</p> <p>H⁺ (=POTENCIA(10;-B3)) donde B3 es una variable que corresponde a cada una de las casillas de la escala de pH.</p> <p>OH⁻ (=($\\$O\\2)/C3), donde $\\$O\\2 corresponde a la constante de autoprotolisis del agua Qw, y el C3 corresponde a la concentración de hidrogeniones, siendo esta una variable correspondiente al pH.</p> <p>F.H.A. (=1+(C3/$\\$O\\3)), C3 correspondiente a la concentración de hidrogeniones dependiente del pH, $\\$O\\3 correspondiente a la constante de acidez del ácido acético.</p> <p>Ac⁻ (=$\\$M\\7/E3), donde $\\$M\\7 corresponde a la concentración corregida del ion acetato, y E3 corresponde al F.H.A. determinado anteriormente.</p>	<p>una de las casillas de la escala de pH.</p> <p>OH⁻ (=($\\$O\\2)/C3), donde $\\$O\\2 corresponde a la constante de autoprotolisis del agua Qw, y el C3 corresponde a la concentración de hidrogeniones, siendo esta una variable correspondiente al pH.</p> <p>F.H.A. (=1+(C3/$\\$O\\3)), C3 correspondiente a la concentración de hidrogeniones dependiente del pH, $\\$O\\3 correspondiente a la constante de acidez del ácido acético.</p> <p>Ac⁻ (=$\\$M\\7/E3), donde $\\$M\\7 corresponde a la concentración corregida del ion acetato, y E3 corresponde al F.H.A. determinado anteriormente.</p> <p>F₁H⁺ (=C3+M\$6), donde C3 corresponde a la concentración de hidrogeniones según el pH, y M\$6 corresponde a la</p>					
--	--	--	---	--	--	--	--	--

		<p>F₁H⁺ (=C3+M\$6), donde C3 corresponde a la concentración de hidrogeniones según el pH, y M\$6 corresponde a la concentración del ion sodio (específico para este caso).</p> <p>F₂H⁺ (=D3+F3), donde D3 corresponde a la concentración de hidroxilos legado a la variabilidad del pH, al igual que el F3, siendo este correspondiente a la concentración de ácido acético.</p> <p>F₁H⁺ - F₂H⁺ (=G3-H3), como se evidencia, esta función es la diferencia (resta), entre el F₁H⁺ correspondiente a las cargas positivas, y el F₂H⁺ correspondiente a las cargas negativas del balance de electroneutralidad.</p> <p>Función Puntero (= - LOG(ABS(I3))), correspondiente a la función logarítmica del valor absoluto de F₁H⁺ - F₂H⁺.</p>	<p>concentración del ion sodio (específico para este caso).</p> <p>F₂H⁺ (=D3+F3), donde D3 corresponde a la concentración de hidroxilos legado a la variabilidad del pH, al igual que el F3, siendo este correspondiente a la concentración de ácido acético.</p> <p>F₁H⁺ - F₂H⁺ (=G3-H3), como se evidencia, esta función es la diferencia (resta), entre el F₁H⁺ correspondiente a las cargas positivas, y el F₂H⁺ correspondiente a las cargas negativas del balance de electroneutralidad.</p> <p>Función Puntero (= - LOG(ABS(I3))), correspondiente a la función logarítmica del valor absoluto de F₁H⁺ - F₂H⁺.</p>				
--	--	---	---	--	--	--	--

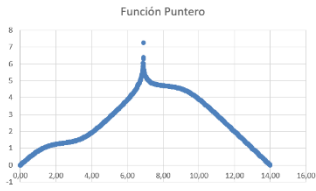
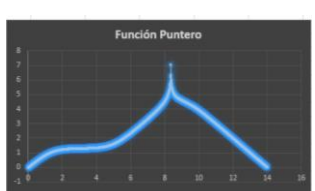
Tabla 21. Vaciado de información de la modelización matemática del sistema, estudiante 7.

De esta manera el estudiante 7 obtiene una valoración total de 15 como se evidencia en la tabla 21, lo cual lo categoriza en un nivel de comprensión de “Aprendiz” al finalizar la estrategia didáctica.

E10

No	Indicador	¿Qué se debe comprender?	¿Qué comprende?	Valoración																									
				Ta	A	Pa	Ma	Na																					
1	El estudiante describe con claridad el sistema de estudio, planteando adecuadamente las ecuaciones de equilibrio, indicando el estado de las diferentes especies químicas involucradas. Adicional a ello, plantea las respectivas constantes de equilibrio según las especies químicas implicadas.	<p>Aclarando que HAS es Ácido Acetilsalicílico, y As^- es el ion acetilsalicilato.</p> $HAS_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow As^-_{(ac)} + H_3O^+_{(ac)}$ $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$ $NaOH_{(ac)} \leftrightarrow Na^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$ $Qa = \frac{[As^-]^1 * [H_3O^+]^1}{[HAS]^1}$ $Qw = [H_3O^+]^1 * [OH^-]^1$	<p>Aclarando que HAS es Ácido Acetilsalicílico, y As^- es el ion acetilsalicilato.</p> $HAS_{(ac)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow As^- + H_3O^+$ $H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \leftrightarrow H_3O^+_{(ac)} + OH^-_{(ac)}$ $NaOH_{(ac)} \leftrightarrow Na^+_{(ac)} OH^-_{(ac)}$ $Qa = \frac{[As^-] * [H_3O^+]}{[HAS]}$ $Qw = [H^+] * [OH^-]$	4	3	2	1	0																					
2	El estudiante realiza adecuadamente la caracterización del sistema en equilibrio contemplando las etapas analíticas planteadas por	<p>Balance de especies</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Cationes</th> </tr> <tr> <td>H⁺</td> <td>Na⁺</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Aniones</th> </tr> <tr> <td>As⁻</td> <td>OH⁻</td> </tr> <tr> <th colspan="2">Moléculas</th> </tr> <tr> <td>HAS</td> <td></td> </tr> </table> <p>Balance de electroneutralidad</p>	Cationes		H ⁺	Na ⁺	Aniones		As ⁻	OH ⁻	Moléculas		HAS		<p>Balance de especies</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Cati ones</th> <th>Ion</th> <th>Molé culas</th> </tr> <tr> <td>H⁺</td> <td>As⁻</td> <td>HAS</td> </tr> <tr> <td>Na⁺</td> <td>O H⁻</td> <td></td> </tr> </table> <p>Balance de electroneutralidad</p>	Cati ones	Ion	Molé culas	H ⁺	As ⁻	HAS	Na ⁺	O H ⁻		4	3	2	1	0
Cationes																													
H ⁺	Na ⁺																												
Aniones																													
As ⁻	OH ⁻																												
Moléculas																													
HAS																													
Cati ones	Ion	Molé culas																											
H ⁺	As ⁻	HAS																											
Na ⁺	O H ⁻																												

	<p>(Clavijo Díaz, 2002).</p>	$[H^+] + [Na^+] = [OH^-] + [As^-]$ <p>Balance de material</p> $C'_{Na^+} = \frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{HAS} = \frac{V_{Ali} * [HAS]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali}}$ $C'_{HAS} = [As^-] + [HAS]$ <p>Despeje de ecuaciones</p> $C'_{HAS} = [As^-] + \frac{[As^-] * [H_3O^+]}{Qa}$ $C'_{HAS} = [As^-] * (1 + \frac{*[H_3O^+]}{Qa})$ $C'_{HAS} = [As^-] * \frac{Qa + [H_3O^+]}{Qa}$ $[As^-] = \frac{C'_{HAS} * Qa}{Qa + [H_3O^+]}$ <p>Sustituyendo las respectivas fórmulas se obtiene que:</p>	$[Na^+] + [H^+] = [HCOO^-] + [OH^-]$ <p>Balance de material</p> $C'_{Na^+} = \frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{Vt}$ $C'_{HAS} = \frac{V_{Ali} * [HAS]}{Vt}$ $C'_{HAS} = [As^-] + [HAS]$ $C'_{HAS} = [As^-] + \frac{[As^-] * [H^+]}{Qa}$ $= [As^-] * (1 + \frac{*[H^+]}{Qa})$ $C'_{HAS} = [As^-] * \frac{Qa + [H^+]}{Qa}$ $[As^-] = \frac{C'_{HAS} * Qa}{Qa + [H^+]}$ $\frac{V_{add\ OH^-} * [NaOH]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali} + [H_3O^+]} = \frac{V_{Ali} * [HAS]}{V_{add\ OH^-} + V_{Ali} + \frac{Qa}{Qa} + \frac{Qw}{[H^+]}}$					
--	------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

	<p>de la función puntero.</p>	<p>En este caso se evidencia que el pH de la solución es 3,68.</p> <p>Serie "Función Puntero" Punto "3,68" (3,68, 4,130482316)</p> <p>Al variar las cantidades de las especies químicas se puede evidenciar una variación en la gráfica.</p> <table border="1" data-bbox="500 709 813 835"> <tr><td>NaOH</td><td>0,1</td><td>Qw</td><td>1E-14</td></tr> <tr><td>HAS</td><td>0,1</td><td>Qa</td><td>3,162,E-04</td></tr> <tr><td>Vali</td><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Vadd</td><td>4,998</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Na+*</td><td>0,04999</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>AS-*</td><td>0,05001</td><td></td><td></td></tr> </table>  <p>En este caso el pH que se tiene en la solución es de 6,90.</p> <p>Serie "Función Puntero" Punto "6,90" (6,90, 7,250854605)</p>	NaOH	0,1	Qw	1E-14	HAS	0,1	Qa	3,162,E-04	Vali	5			Vadd	4,998			Na+*	0,04999			AS-*	0,05001			<p>En este caso se evidencia que el pH de la solución es 5,18.</p> <p>Serie "Función Puntero " Punto "5,18" (5,18, 3,891856614)</p> <p>Al variar las cantidades de las especies químicas se puede evidenciar una variación en la gráfica.</p> <table border="1" data-bbox="836 709 1149 835"> <tr><td>NaOH</td><td>0,1</td><td>Qw</td><td>1E-14</td></tr> <tr><td>HAs</td><td>0,1</td><td>Qa</td><td>0,00001</td></tr> <tr><td>Vali</td><td>5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Vadd</td><td>4,998</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Na+</td><td>0,04999</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>As-</td><td>0,05001</td><td></td><td></td></tr> </table>  <p>En este caso el pH que se tiene en la solución es de 8,35.</p> <p>Serie "Función Puntero " Punto "8,35" (8,35, 7,043743268)</p>	NaOH	0,1	Qw	1E-14	HAs	0,1	Qa	0,00001	Vali	5			Vadd	4,998			Na+	0,04999			As-	0,05001							
NaOH	0,1	Qw	1E-14																																																					
HAS	0,1	Qa	3,162,E-04																																																					
Vali	5																																																							
Vadd	4,998																																																							
Na+*	0,04999																																																							
AS-*	0,05001																																																							
NaOH	0,1	Qw	1E-14																																																					
HAs	0,1	Qa	0,00001																																																					
Vali	5																																																							
Vadd	4,998																																																							
Na+	0,04999																																																							
As-	0,05001																																																							
5	<p>El estudiante plantea adecuadamente las funciones requeridas para la respectiva modelización matemática del sistema en equilibrio, en la hoja de cálculo de Excel.</p>	<p>Revisar Blog http://equilibrioacidobase.blogspot.es/categoria/modelizacion-matematica/</p> <p>Funciones:</p> <p>pH (Escala de 0,00 a 14,00).</p> <p>H⁺ (=POTENCIA(10;-B3)) donde B3 es una variable que corresponde a cada una de las casillas de la escala de pH.</p> <p>OH⁻ (=($\\$O\\2)/C3), donde $\\$O\\2 corresponde a la</p>	<p>Funciones:</p> <p>pH (Escala de 0,00 a 14,00).</p> <p>H⁺ (=POTENCIA(10;-B3)) donde B3 es una variable que corresponde a cada una de las casillas de la escala de pH.</p> <p>OH⁻ (=($\\$O\\2)/C3), donde $\\$O\\2 corresponde a la</p>	4	3	2	1	0																																																

		<p>una de las casillas de la escala de pH.</p> <p>OH⁻ ($=\frac{[OH^-]}{C_3}$), donde $[OH^-]$ corresponde a la constante de autoprotolisis del agua Qw, y el C3 corresponde a la concentración de hidrogeniones, siendo esta una variable correspondiente al pH.</p> <p>F.H.A. ($=1+\frac{C_3}{K_a}$), C3 correspondiente a la concentración de hidrogeniones dependiente del pH, K_a correspondiente a la constante de acidez del ácido acetilsalicílico.</p> <p>AS⁻ ($=\frac{[AS^-]}{E_3}$), donde $[AS^-]$ corresponde a la concentración corregida del ion acetilsalicilato, y E3 corresponde al F.H.A. determinado anteriormente.</p> <p>F₁H⁺ ($=C_3+M_6$), donde C3 corresponde a la concentración de hidrogeniones según el pH, y M6</p>	<p>de autoprotolisis del agua Qw, y el C3 corresponde a la concentración de hidrogeniones, siendo esta una variable correspondiente al pH.</p> <p>F.H.A. ($=1+\frac{C_3}{K_a}$), C3 correspondiente a la concentración de hidrogeniones dependiente del pH, K_a correspondiente a la constante de acidez del ácido acético.</p> <p>AS⁻ ($=\frac{[AS^-]}{E_3}$), donde $[AS^-]$ corresponde a la concentración corregida del ion acetato, y E3 corresponde al F.H.A. determinado anteriormente.</p> <p>F₁H⁺ ($=C_3+M_6$), donde C3 corresponde a la concentración de hidrogeniones según el pH, y M6 corresponde a la concentración del ion sodio (específico para este caso).</p> <p>F₂H⁺ ($=D_3+F_3$), donde D3</p>				
--	--	--	---	--	--	--	--

		<p>corresponde a la concentración del ion sodio (específico para este caso).</p> <p>F₂H⁺ (=D3+F3), donde D3 corresponde a la concentración de hidroxilos legado a la variabilidad del pH, al igual que el F3, siendo este correspondiente a la concentración de ácido acetilsalicílico.</p> <p>F₁H⁺ - F₂H⁺ (=G3-H3), como se evidencia, esta función es la diferencia (resta), entre el F₁H⁺ correspondiente a las cargas positivas, y el F₂H⁺ correspondiente a las cargas negativas del balance de electroneutralidad.</p> <p>Función Puntero (= - LOG(ABS(I3)), correspondiente a la función logaritmica del valor absoluto de F₁H⁺ - F₂H⁺.</p>	<p>corresponde a la concentración de hidroxilos legado a la variabilidad del pH, al igual que el F3, siendo este correspondiente a la concentración de ácido acético.</p> <p>F₁H⁺ - F₂H⁺ (=G3-H3), como se evidencia, esta función es la diferencia (resta), entre el F₁H⁺ correspondiente a las cargas positivas, y el F₂H⁺ correspondiente a las cargas negativas del balance de electroneutralidad.</p> <p>Función Puntero (= - LOG(ABS(I3)), correspondiente a la función logaritmica del valor absoluto de F₁H⁺ - F₂H⁺.</p> <p>NOTA: Los valores no son acordes a lo esperado, debido a que presenta un error en la constante de acidez.</p>				
--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 22. Vaciado de información de la modelización matemática del sistema, estudiante 10.

De esta manera el estudiante 10 obtiene una valoración total de 14 como se evidencia en la tabla 22, lo cual lo categoriza en un nivel de comprensión de “Aprendiz” al finalizar la estrategia didáctica.

De esta manera se realiza la valoración de cada uno de los estudiantes para llegar a la categorización del nivel de comprensión en un momento final, en torno a las diversas etapas analíticas que se requieren para el estudio de los diferentes equilibrios químicos, con su respectiva modelización matemática en base a la hoja de cálculo de Excel. De modo que se obtiene la siguiente categorización, evidenciada en la tabla 23.

Categoría	Cantidad de Estudiantes
Ingenuo	0
Novato	4
Aprendiz	7
Maestro	0

Tabla 23. Recopilación general de los niveles de comprensión en un momento final.

Respecto a esta categorización de los estudiantes según su nivel de comprensión en un momento final, frente a la descripción de las etapas analíticas para el estudio de equilibrios químicos y su respectiva modelización matemática en la hoja de cálculo de Excel, se evidencia en la tabla 24 la comprensión progresiva de los estudiantes, de modo que:

Estudiante	Puntuación	Nivel de Comprensión
E1	15	Aprendiz
E2	14	Aprendiz
E3	6	Novato
E4	6	Novato
E5	6	Novato
E6	6	Novato
E7	15	Aprendiz
E8	15	Aprendiz
E9	14	Aprendiz
E10	14	Aprendiz
E11	14	Aprendiz

Tabla 24. Recopilación general de los niveles de comprensión en un momento final.

Posterior a la finalización de la estrategia didáctica se evidencia que 7 estudiantes se encuentran en un nivel de comprensión de “Aprendiz” en un momento final, y 4 estudiantes se encuentran en un nivel de comprensión de “Novato” en un momento final,

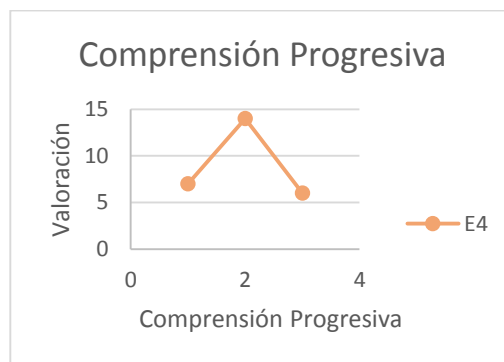
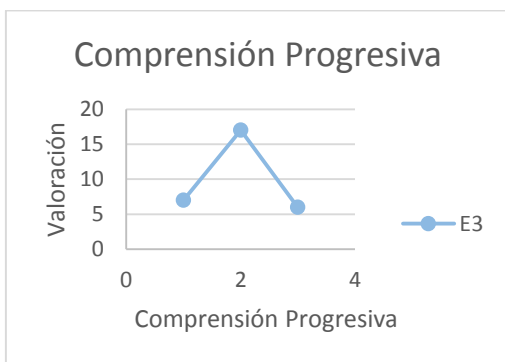
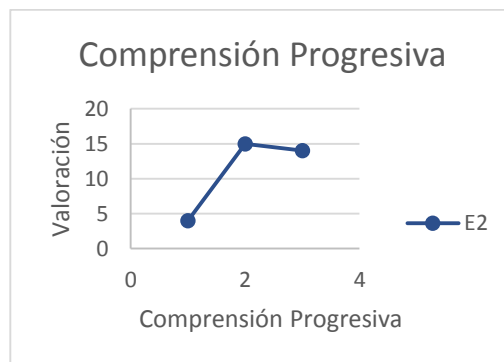
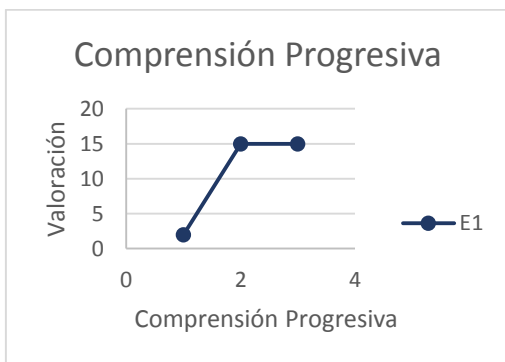
como se evidencia en la Tabla 23, según el producto final que se obtuvo a partir del desarrollo de la estrategia didáctica, siendo éste la respectiva modelización matemática de un sistema en equilibrio, en una hoja de cálculo de Excel soportada por medio de un “artículo científico”, teniendo evidencias de dicho estudio, revisar anexos 9.3. Estos resultados que se obtuvieron en la implementación de la estrategia didáctica implica que, los estudiantes categorizados en el nivel de comprensión de “novato” presentan ciertas falencias en el estudio de sistemas en equilibrio, principalmente desde una visión cualitativa, debido a que la enseñanza del equilibrio químico se centra en el desarrollo matematizado de la química, siendo un abordaje algebraico y aritmético lo cual no permite que los estudiantes comprendan lo ocurrido con el valor obtenido, además los estudiantes categorizados en el nivel de comprensión de “novato” presentan ciertos errores en la implementación de la hoja de cálculo de Excel; de esta manera lo describen (Moncaleano, Furió, Hernández, & Calatayud, 2003) los cuales mencionan que *“los estudiantes muestran muy poco dominio en el manejo cualitativo de los aspectos del equilibrio químico, debido probablemente a que la enseñanza insiste en la visión operativista del concepto”*. Por otro lado los estudiantes categorizados en el nivel de comprensión de “Aprendiz”, presentan un buen desarrollo de la modelización matemática en el estudio de sistemas en equilibrio, en donde permiten articular lo ocurrido en dichos sistemas, brindando así un enlace entre el razonamiento cuantitativo y cualitativo, desde la terminología científica empleada, hasta lo ocurrido en el sistema, además de la buena implementación de la hoja de cálculo de Excel para el desarrollo de sistemas en equilibrio, acorde a las funciones planteadas, y esto se debe a que *“el estudiante presenta un conocimiento de conceptos ligados a una disciplina, dándoles una aplicabilidad en algún contexto. La terminología científica empleada para sus expresiones es correcta”* según (Jubert, Pogliani, Tocci, & Vallejo, 2011).

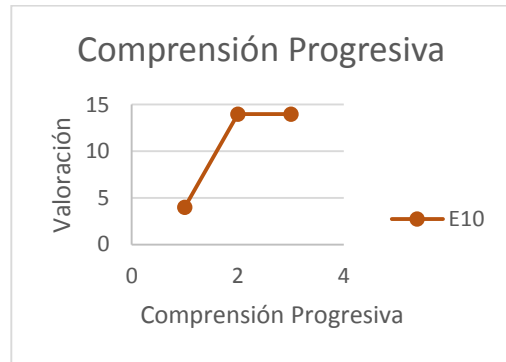
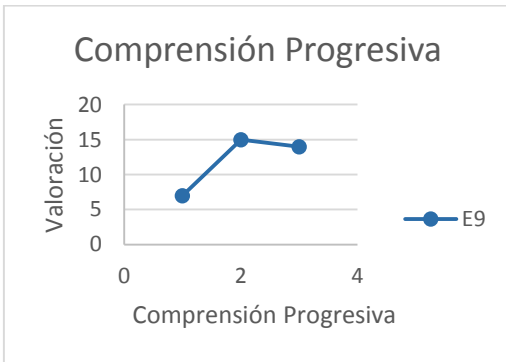
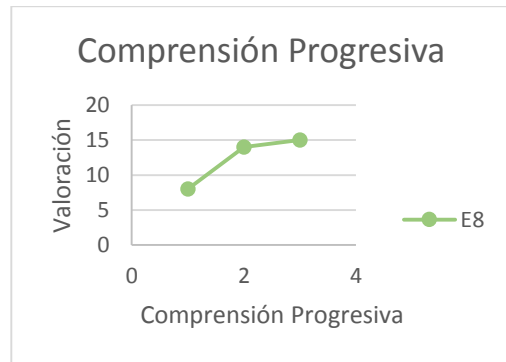
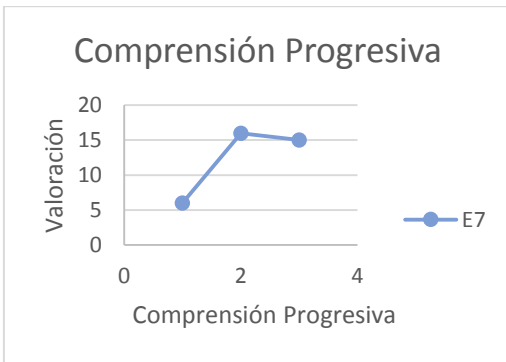
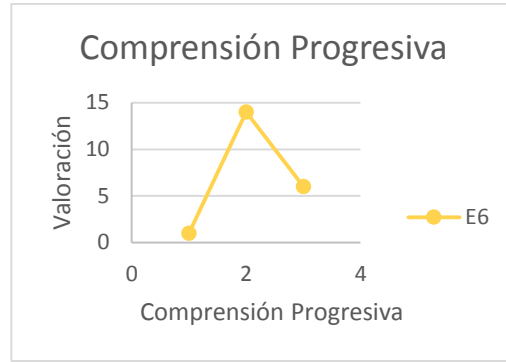
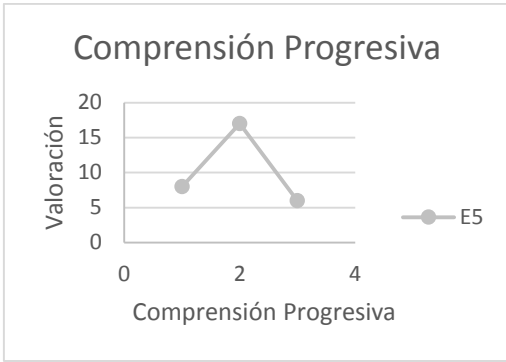
Obteniendo todos los resultados de la estrategia didáctica se realiza una compilación de éstos, de modo que se obtiene la siguiente información (ver tabla 25).

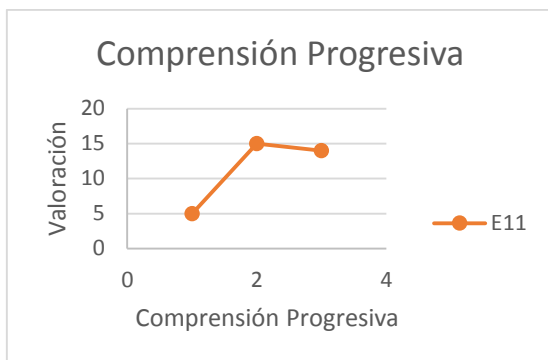
Estudiante	Valoración	Momento inicial	Valoración	Momento parcial	Valoración	Momento final
E1	2	Ingenuo	15	Aprendiz	15	Aprendiz
E2	4	Ingenuo	15	Aprendiz	14	Aprendiz
E3	7	Novato	17	Maestro	6	Novato
E4	7	Novato	14	Aprendiz	6	Novato
E5	8	Novato	17	Maestro	6	Novato
E6	1	Ingenuo	14	Aprendiz	6	Novato
E7	6	Novato	16	Maestro	15	Aprendiz
E8	8	Novato	14	Aprendiz	15	Aprendiz
E9	7	Novato	15	Aprendiz	14	Aprendiz
E10	4	Ingenuo	14	Aprendiz	14	Aprendiz
E11	5	Novato	15	Aprendiz	14	Aprendiz

Tabla 25. Recopilación general de los niveles de comprensión de los estudiantes durante implementación de la estrategia didáctica.

Al realizar la respectiva recolección de los datos obtenidos antes, durante y después de la implementación de la estrategia didáctica, se realiza el respectivo análisis de la información en 3 momentos. En un primer momento se evidencian los resultados antes de la estrategia didáctica denominado “identificación de comprensión”; en un segundo momento denominado “Matematización”, se encuentran los resultados obtenidos durante la estrategia didáctica; y finalmente en un tercer momento se encuentran los resultados obtenidos después de la estrategia didáctica, siendo éste la “Modelación Matemática”, esto permite que se realice un seguimiento individualizado en el proceso de comprensión del equilibrio químico en los estudiantes de media vocacional, los cuales se abarcan y evidencian a partir de las siguientes gráficas, las cuales permiten analizar la progresión en la comprensión que tuvieron los estudiantes al finalizar la implementación de la estrategia didáctica, de modo que:

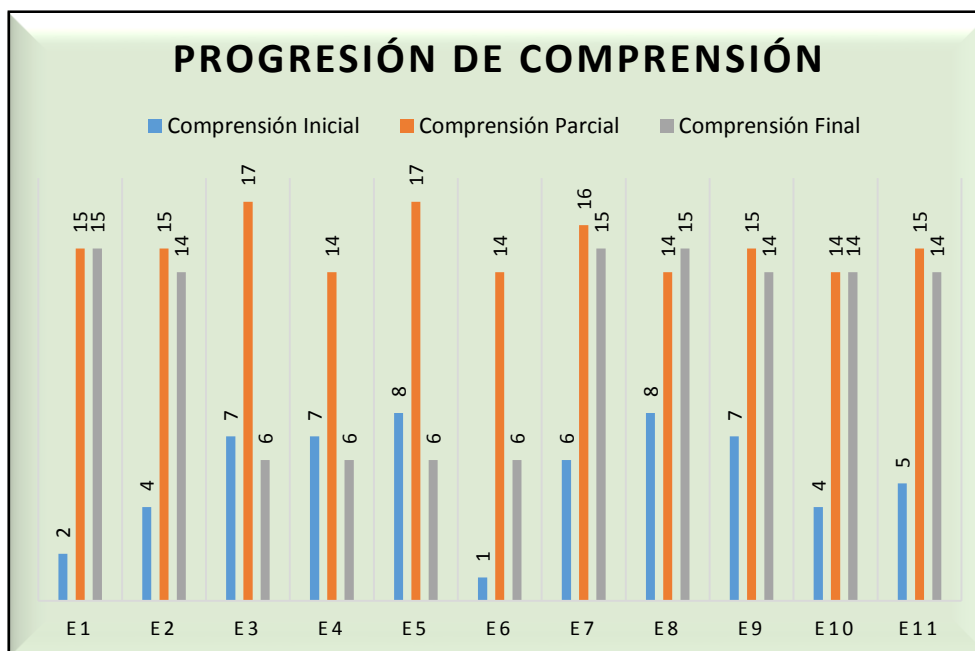






Además se realiza una compilación de los resultados obtenidos, los cuales se evidencian en la gráfica 2, los cuales indican los niveles de comprensión de los estudiantes en los tres momentos que se realizó e implementó la estrategia didáctica, obteniendo resultados favorables para esta investigación. Con base a los resultados obtenidos, se puede decir que los estudiantes de media vocacional del colegio Gimnasio Académico Regional de Suba, presentan ciertas dificultades en el aprendizaje de la química, en especial en conceptos que se encuentran relacionados al equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base, generando así vacíos conceptuales que dificultan el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, los estudiantes no se encuentran del todo familiarizados a procesos algebraicos que permiten el estudio de sistemas en equilibrio desde una visión moderna, debido a la dificultad que se encuentra a la hora de explicar dicho tópico, por su complejidad, por su terminología, y por la relación entre diversos conceptos previos que permiten su comprensión; esto se relaciona con lo que mencionan (Garritz, Irazoque, & Izquierdo, 2012, pág. 3979) indicando que *“Teaching Chemical Equilibrium implies a great challenge because of its specificity and complexity. To understand equilibrium, it is necessary to know and use other specific and abstract concepts, which also have important learning difficulties, for instance: chemical reaction, stoichiometry and kinetics”*.

Finalmente se puede decir que la implementación de una estrategia didáctica es pertinente para el estudio sistémico del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base, debido a que la hoja de cálculo de Excel se considera una herramienta pertinente y funcional para este estudio, permitiendo adaptar habilidades matemáticas en el grupo de estudiantes. De modo que, se presenta una innovación en el aula y en la enseñanza del equilibrio químico desde varios aportes, como lo son: el desarrollo e implementación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a un aula regular de química, una estrategia didáctica como herramienta para el docente para la enseñanza de la química, y finalmente el planteamiento de unos indicadores para la categorización según el nivel de comprensión de los estudiantes en base al equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base.



Gráfica 2. Recopilación general de los niveles de comprensión de los estudiantes durante implementación de la estrategia didáctica.

7. Conclusiones

A manera de conclusión se puede decir que, una estrategia didáctica diseñada para evaluar los niveles de comprensión de los estudiantes de media vocacional en términos conceptuales y metodológicos fundamentada en el modelo de la enseñanza para la comprensión, es determinante en el abordaje de diferentes situaciones experimentales y/o cotidianas que permitan la inmersión del concepto o la teoría de un tópico en específico en un contexto determinado. Adicional a ello, permite al docente una nueva estrategia para sus clases de ciencias que pueden ser enfocadas desde una nueva perspectiva, llegando así a favorecer de una mejor manera la comprensión de los estudiantes, teniendo en cuenta los diferentes niveles de comprensión que plantea el modelo de la EpC, con el fin de atender las necesidades de cada uno de los estudiantes para la enseñanza del tema a tratar, siendo estos niveles fundamentales para planear y desarrollar las clases de ciencias.

Se puede concluir que el diseño y la implementación de un test de identificación de comprensión (validado previamente por un experto), permite al docente reconocer el nivel de comprensión de los estudiantes frente a un tópico específico, teniendo así, bases para contemplar el desarrollo de una estrategia didáctica como punto de partida, reconociendo los errores y vacíos conceptuales que pueden llegar a presentar los estudiantes. También se puede decir, que identificando los niveles de comprensión de los estudiantes desde un instrumento enfocado en el modelo de la EpC, es eficaz para la caracterización de los niveles de comprensión de un grupo de estudiantes, debido a que no todos ellos presentan las mismas habilidades, capacidades y comprensión frente a un tema en específico.

Al estructurar e implementar una estrategia didáctica enfocada en el modelo de la enseñanza para la comprensión, se puede concluir que es apropiada para la enseñanza de un tema en específico de ciencias, debido a que ésta al fundamentarse en los pilares que retoman (Clavel & Torres, 2010) de Perkins, es adecuada en términos conceptuales y metodológicos, ya que se plantea un tópico generativo, que se articula a unos desempeños y unas metas de comprensión, permitiendo así realizar una evaluación diagnóstica continua en diferentes momentos dando así una caracterización de los diferentes niveles de comprensión de los estudiantes; generando una comprensión óptima del estudio sistémico del equilibrio químico ácido-base en un grupo de estudiantes de media vocacional mediado por diferentes actividades que se centran en la modelización matemática de estos sistemas.

Los niveles de comprensión alcanzados por los estudiantes en términos conceptuales y metodológicos son los esperados, acorde a lo planteado en el desarrollo de la investigación y la implementación de la estrategia didáctica, ya que permitió la comprensión de diversos conceptos que se encuentran relacionados al estudio sistémico del equilibrio químico desde un pensamiento flexible, llegando a articularlo a diferentes situaciones experimentales y cotidianas en un contexto determinado, brindando así una buena comprensión en aspectos metodológicos como la flexibilidad de pensamiento en la experimentación y la aplicación de una hoja de Excel para la respectiva modelización matemática del sistema en equilibrio.

Finalmente para responder la pregunta de investigación se concluye que, los niveles de comprensión de un grupo de estudiantes que se evidencian al implementar una estrategia didáctica enfocada en el modelo de la EpC son “ingenuo, novato, aprendiz y maestro”, los cuales evidencian el proceso de enseñanza-aprendizaje de los sistemas en equilibrio ácido-base desde una visión moderna, generando así un pensamiento flexible sobre lo que conocen, que permita el análisis y la explicación de diferentes situaciones experimentales y cotidianas en un contexto determinado. Adicional a ello, el modelo de la EpC es pertinente para el abordaje de diferentes estrategias didácticas, propuestas de

intervención, unidades didácticas, entre otros, debido a que se pueden categorizar los estudiantes según su nivel de comprensión en diferentes momentos, y se puede realizar un proceso más riguroso y preciso en la enseñanza y el aprendizaje de diversos temas que sean complejos en las ciencias naturales, como es el caso de los sistemas en equilibrio ácido-base.

8. Bibliografía

- Bermudez, G., & De Longhi, A. L. (2011). Niveles de comprensión del equilibrio químico en estudiantes universitarios a partir de diferentes estrategias didácticas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 264-288.
- Castaño, E. H. (2012). *Enseñanza del equilibrio químico haciendo uso de las TICs para estudiantes del grado once de enseñanza media*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Clavel, M. S., & Torres, J. E. (2010). La enseñanza para la comprensión como marco conceptual para el mejoramiento de la calidad educativa: La estrategia de la evaluación integrada. *Congreso Iberoamericano de Educación Metas 2021*. Buenos Aires.
- Clavijo Díaz, A. (2002). *Fundamentos de Química Analítica. Equilibrio Iónico y Análisis Químico*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

- Colmenares E., A. M., & Piñeros M., M. L. (2008). La investigación acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. *Revista Laurus.*, 96-114.
- Garriz, A., Irazoque, G., & Izquierdo, M. (Julio de 2012). Chemistry teachers pedagogical content knowledge on chemical equilibrium. *Proceedings of Edulearn*, 3979-3983.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Huerta, P., & Irazoque, G. (2009). El equilibrio químico, una investigación de aula. *Enseñanza de las Ciencias*(Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias), 2646-2650.
- Jubert, A., Pogliani, C., Tocci, A. M., & Vallejo, A. (2011). Enseñanza para la comprensión en un curso de química a distancia de nivel básico universitario. El blog como herramienta de trabajo. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 97-105.
- Moncaleano, H., Furió, C., Hernández, J., & Calatayud. (2003). Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. *Enseñanza de la Ciencias*, 111-118.
- Ramette, R. (1983). *Equilibrio y Análisis Químico*. (P. Fiedler, Trad.) Massachusetts: Fondo educativo interamericano.
- Ruiz, M. d., Peme, C., De Longhi, A. L., & Ferreyra, A. (2012). Enseñanza para la comprensión. Marco interpretativo de la construcción del conocimiento en clases de ciencias. *Revista Campo Abierto*, 113-137.
- Stone, M. (1999). *LA ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN*. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Terigi, F. (2009). La formación inicial de profesores de Educación Secundaria: necesidades de mejora, reconocimiento de límites. *Revista de Educación*, 123-144.
- Timberlake, K., & Timberlake, W. (2008). *Química* (Segunda Edición ed.). México D.F.: Pearson Educación.
- Valderrama, A. M. (2016). Reflexiones en torno a la aproximación cualitativa del concepto equilibrio químico en estudiantes de undécimo grado. *Revista Tecné, Episteme y Didáxis (TED)*., 672-680.
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 155-165.



9. Anexos

A continuación se presentan evidencias del desarrollo de la estrategia didáctica, en donde se contemplan las diversas actividades realizadas para la recolección de datos.

9.1. Instrumento de identificación de comprensión

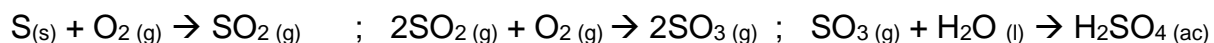
**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA – DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA**

Nombre: _____ Edad: _____

El siguiente instrumento se realiza con base a los planteamientos realizados en la investigación titulada “Una aproximación moderna del equilibrio químico implicado en las reacciones ácido-base”, que se lleva a cabo bajo los lineamientos curriculares de la Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional, a cargo del docente Andrés Felipe Aguirre Marín. Cabe resaltar que los resultados obtenidos durante este proceso serán netamente investigativos, y por eso se solicita cordialmente responder las siguientes cuestiones de la manera más sensata y sincera posible.

Lluvia Ácida

Por lo general, la lluvia tiene un pH de 6,2. En muchas partes del mundo, la lluvia se ha vuelto considerablemente ácida, con valores de pH tan bajos (3). Una causa de la lluvia ácida es el gas dióxido de azufre (SO₂), producido cuando se quema carbón que contiene azufre. En el aire, el gas SO₂ reacciona con oxígeno para producir SO₃, que luego se combina con agua para formar ácido sulfúrico, H₂SO₄, un ácido fuerte.



En zonas de Estados Unidos, la lluvia ácida ha formado lagos tan ácidos que ya no son habitables para peces y plantas. A estos lagos a veces se les agrega caliza (CaCO₃) para neutralizar el ácido. En Europa del este, la lluvia ácida ha generado un desastre ambiental. Casi un 40% de los bosques en Polonia han sido severamente dañados, y algunas partes de la tierra son tan ácidas que los cultivos ya no crecerán. A lo largo de Europa y Estados Unidos, los monumentos hechos de mármol (una forma de CaCO₃) se deterioran conforme la lluvia ácida disuelve el mármol.



Los esfuerzos para mitigar o detener los efectos dañinos de la lluvia ácida incluyen la reducción de emisión de azufre. Esto requerirá la instalación de equipos costosos en plantas de quema de carbón para absorber gases como el SO₂ antes de que sean emitidos. En algunas plantas no modernizadas, esto puede ser imposible y necesitarían cerrar. Es un difícil problema para los ingenieros y científicos, pero debe resolverse.

Recuperado y adaptado el día 15 de Junio de 2018 de

Timberlake, K., & Timberlake, W. (2008). *Química* (Segunda Edición ed.). México D.F.: Pearson Educación.

1. Respecto a la siguiente afirmación: “El SO_2 (g) es altamente soluble en agua y relativamente estable en la atmósfera. Actúa como agente oxidante o reductor y reacciona con otros componentes en la atmósfera. El SO_2 (g) puede producir SO_3 (g), H_2SO_4 (ac) y sales del ácido sulfúrico siendo uno de los mayores precursores de la lluvia ácida” ¿Qué efectos negativos o positivos traería consigo el aumento de SO_2 (g) en la atmósfera?

2. En relación con la lectura anterior ¿Qué tipo de especies químicas se pueden encontrar en la naturaleza que puedan llegar a alterar el pH de las sustancias?

3. En una reacción $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C} + \text{D}$ balanceada correctamente se pueden encontrar los siguientes valores en dicha mezcla.

[Ácido] A	[Base] B	mL Ácido	mL Base
1 M	1 M	25 mL	25 mL
0,5 M	1 M	25 mL	12,5 mL

Según los datos registrados en la tabla anterior, responda: ¿Qué incidencia tiene la concentración de los reactantes (A + B) para la formación de productos (C + D) en una reacción química?

4. “La gastritis es la inflamación de la mucosa gástrica, esto se debe a la acidez que se produce por los jugos gástricos. Al presentar dicho malestar se recomienda tomar un “antiácido” para contrarrestar el efecto o simplemente neutralizarlo”. A partir de la afirmación descrita anteriormente, responda: ¿En qué consiste el proceso de neutralización de las sustancias?

5. Al producirse grandes cantidades de $\text{SO}_2(\text{g})$, la producción de $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{ac})$ aumenta notoriamente, y éste a su vez presenta una disociación expresada de la siguiente manera:

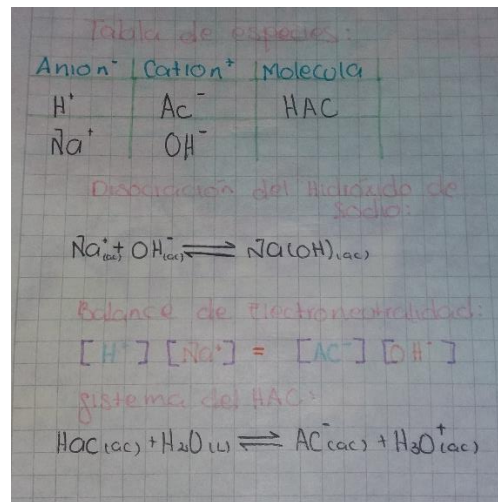
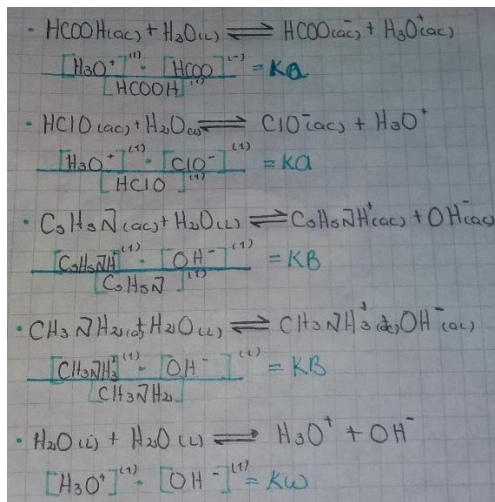


Con lo descrito anteriormente ¿Qué indica el valor de la constante de acidez, en torno al desarrollo de la reacción química?

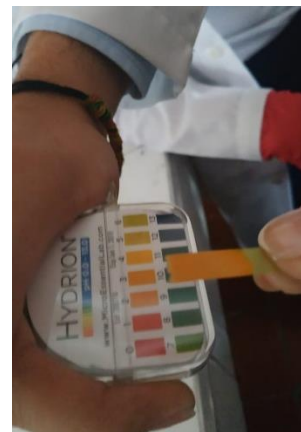
9.2. Evidencias Estrategia Didáctica



Imagen 2. Laboratorio demostrativo. Equilibrio Cromato-Dicromato.



Imágenes 3 y 4. Descripción de Sistemas. Ejercicios Prácticos.



Imágenes 5, 6, y 7. Preparación y determinación del pH con papel indicador del ácido acetilsalicílico.



Imágenes 8 y 9. Adición de NaOH a la solución de Ácido Acetilsalicílico. Determinación del pH con papel indicador.



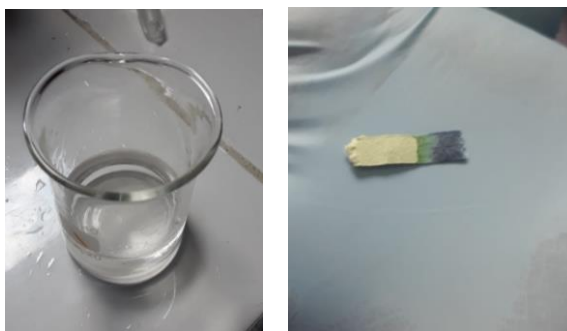
Imágenes 10, 11 y 12. Preparación y determinación del pH con papel indicador del amoniaco.



Imágenes 13 y 14. Adición de HCl a la solución de Amoniaco. Determinación del pH con papel indicador.



Imágenes 15, 16 y 17. Preparación y determinación del pH con papel indicador del ácido acético.



Imágenes 18 y 19. Adición de NaOH a la solución de Ácido Acético. Determinación del pH con papel indicador.

9.3. Evidencias “Producto Final”

ANÁLISIS DEL EQUILIBRIO QUÍMICO EN RELACION CON EL HIDROXIDO DE SODIO FRENTE AL ÁCIDO ACETILSALICÍLICO CON UN ENFOQUE AL ESTUDIO QUÍMICO MATEMÁTICO DEL PH

Laura Valentina Medina - Luisa Fernanda Niño- Valentina Guatama- Sebastián Duque

RESUMEN:

El equilibrio químico se debe realizar una modelización químico-matemática relacionando la teoría con la práctica, permitiendo analizar los diferentes ensayos experimentales que tienden al "equilibrio químico". En este caso se evalúa a partir del ácido acetilsalicílico por lo que se realiza por medio de una práctica experimental como teórica; la metodología de esta investigación se basa en primer lugar con la práctica experimental ácido-base ya que en ella podemos evidenciar el cambio que se ve, donde se menciona más específicamente lo que sucede con el ácido acetilsalicílico. Para concluir esta investigación como práctica experimental además de contar con el laboratorio mencionado en la metodología, se emplearon distintos métodos teóricos, como talleres, y clases relacionadas con el tema, esto fue de suma importancia para complementar el proceso experimental y así lograr analizar el equilibrio químico de acuerdo con el ácido acetilsalicílico (aspirina).

Imagen 20. Página principal artículo final. Grupo ácido acetilsalicílico.

ESTUDIO DEL EQUILIBRIO QUIMICO DE LAS SUSTANCIAS AMONIACO Y ACIDO CLORHIDRICO CON RELACION AL ANALISIS QUIMICO-MATEMATICO DEL PH.

Kevin Perdomo- Andrea Alonso- Nicolas Pinilla- Ana Maria Ramirez.

Resumen:

El equilibrio químico se define como una reacción en la cual los componentes establecidos de dos o más sustancias permanecen constantes. Lo que quiere decir que la concentración no tiene cambio alguno, a medida que el tiempo transcurre no existirán cambios físicos y para que un equilibrio exista netamente es necesario que una reacción sea establecida. La energía empleada debe ser en lo posible la menor cantidad ya que así se podrá establecer un sistema con un equilibrio constante, a nivel matemático se pueden identificar diferentes equilibrios basados en las sustancias que sean empleadas; ya sea una base fuerte y un ácido débil o irreversible. Gracias a esto se pueden identificar diversos balances que presentan resultados que ayudan a encontrar el equilibrio deseado. La metodología empleada en esta investigación fue cuantitativa empleando sustancias como Ácido Fórmico e hidróxido de amonio que permitieron identificar como al mezclarlos cambia notoriamente el pH.

Imagen 21. Página principal artículo final. Grupo Amoniaco.

ENSEÑANZA DEL EQUILIBRIO QUIMICO ÁCIDO-BASE A ESTUDIANTES DE GRADO UNDECIMO APARTIR DE UNA EXPERIMENTACION DE ACIDO ACETICO E HIDROXIDO DE SODIO.

Ferreira Macías Valeria

Álvarez Catalina

Pabon Mariana

Estudiantes del Gimnasio Académico Regional

Resumen:

El equilibrio químico como su nombre lo dice estudia el equilibrio de especies (iones, cationes y moléculas) en una reacción. A partir de la disociación de las sustancias utilizadas en medio acuoso, teniendo en cuenta: El pH de cada sustancia, la concentración y las constantes de acidez y basicidad correspondientes. Para la elaboración de este artículo se tomará como base los conocimientos adquiridos en las sesiones de enseñanza por parte del maestro Andrés Aguirre sobre el tema.

Palabras clave: disociación, Ácido, Ion, pH, Concentración, Protón.

Imagen 22. Página principal artículo final. Grupo Ácido Acético.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
pH	H+	OH-	F.H.A	As-	F1H+	F2H+	F1H+ - F2H+	Funcion Puntero		NaOH	0,1	Qw	1E-14		
0,00	1	1E-14	5755,39937	1,1583E-05	1,033333333	1,1583E-05	1,03332175	-0,014235571		HAS	0,1	Qa	0,00017378		
0,01	0,97723722	1,0233E-14	5624,41325	1,1853E-05	1,01057055	1,1853E-05	1,0105587	-0,004561546		Vali	10				
0,02	0,95499259	1,0471E-14	5496,40874	1,2129E-05	0,98832592	1,2129E-05	0,98831379	0,005105145		Vadd	5				
0,03	0,9332543	1,0715E-14	5371,31796	1,2412E-05	0,96658763	1,2412E-05	0,96657522	0,014764342		Na+	0,03333333				
0,04	0,91201084	1,0965E-14	5249,0746	1,2701E-05	0,94534417	1,2701E-05	0,94533147	0,024415883		AC-	0,06666667				
0,05	0,89125094	1,122E-14	5129,61384	1,2996E-05	0,92458427	1,2996E-05	0,92457128	0,034059604							
0,06	0,87096359	1,1482E-14	5012,87234	1,3299E-05	0,90429692	1,3299E-05	0,90428362	0,043695334							
0,07	0,85113804	1,1749E-14	4898,78819	1,3609E-05	0,88447137	1,3609E-05	0,88445776	0,053322902							
0,08	0,83176377	1,2023E-14	4787,30092	1,3926E-05	0,8650971	1,3926E-05	0,86508318	0,062942133							
0,09	0,81283052	1,2303E-14	4678,35141	1,425E-05	0,84616385	1,425E-05	0,8461496	0,072552847							
0,1	0,79432823	1,2589E-14	4571,8819	1,4582E-05	0,82766157	1,4582E-05	0,82764699	0,082154862							
0,11	0,77624712	1,2882E-14	4467,83592	1,4921E-05	0,80958045	1,4921E-05	0,80956553	0,091747992							
0,12	0,75857758	1,3183E-14	4366,15832	1,5269E-05	0,79191091	1,5269E-05	0,79189564	0,101332048							
0,13	0,74131024	1,349E-14	4266,79519	1,5625E-05	0,77464357	1,5625E-05	0,77462795	0,110906837							
0,14	0,72443596	1,3804E-14	4169,69383	1,5988E-05	0,75776929	1,5988E-05	0,75775331	0,120472161							
0,15	0,70794578	1,4125E-14	4074,80278	1,6361E-05	0,74127912	1,6361E-05	0,74126276	0,130027819							
0,16	0,69183097	1,4454E-14	3982,07171	1,6742E-05	0,7251643	1,6742E-05	0,72514756	0,139573608							
0,17	0,67608298	1,4791E-14	3891,45145	1,7132E-05	0,70941631	1,7132E-05	0,70939918	0,14910932							
0,18	0,66069345	1,5136E-14	3802,89396	1,7531E-05	0,69402678	1,7531E-05	0,69400925	0,158634741							
0,19	0,64565423	1,5488E-14	3716,35229	1,7939E-05	0,67898756	1,7939E-05	0,67896962	0,168149655							

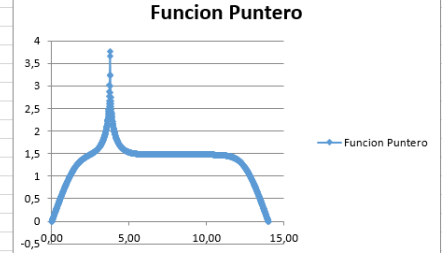


Imagen 23. Hoja de Cálculo de Excel del Ácido Acético.

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
pH	H+	OH-	F.H.A	As-	F1H+	F2H+	F1H+ - F2H+	Funcion Puntero		NaOH	0,1	Qw	1E-14	
0	1	1E-14	100001	5,E-07	1,05	5,E-07	1,E+00	-0,021189092		HAS	0,1 <td>Qa</td> <td>0,00001</td> <td></td>	Qa	0,00001	
0,01	0,97723722	1,02329E-14	97724,7221	5,E-07	1,02723722	5,E-07	1,E+00	-0,011670531		Vali	5			
0,02	0,95499259	1,04713E-14	95500,2586	5,E-07	1,00499259	5,E-07	1,E+00	-0,002162632		Vadd	5			
0,03	0,9332543	1,07152E-14	93326,4301	5,E-07	0,9832543	5,E-07	1,E+00	0,007334382		Na+	0,05			
0,04	0,91201084	1,09648E-14	91202,0839	5,E-07	0,96201084	5,E-07	1,E+00	0,016820282		As-	0,05			
0,05	0,89125094	1,12202E-14	89126,0938	6,E-07	0,94125094	6,E-07	9,E-01	0,026294837						
0,06	0,87096359	1,14815E-14	87097,359	6,E-07	0,92096359	6,E-07	9,E-01	0,03575781						
0,07	0,85113804	1,1749E-14	85114,8038	6,E-07	0,90113804	6,E-07	9,E-01	0,045208961						
0,08	0,83176377	1,20226E-14	83177,3771	6,E-07	0,88176377	6,E-07	9,E-01	0,054648045						
0,09	0,81283052	1,23027E-14	81284,0516	6,E-07	0,86283052	6,E-07	9,E-01	0,064074813						
0,1	0,79432823	1,25893E-14	79433,8235	6,E-07	0,84432823	6,E-07	8,E-01	0,073489011						
0,11	0,77624712	1,28825E-14	77625,7117	6,E-07	0,82624712	6,E-07	8,E-01	0,082890382						
0,12	0,75857758	1,31826E-14	75858,7575	7,E-07	0,80857758	7,E-07	8,E-01	0,092278662						
0,13	0,74131024	1,34896E-14	74132,0241	7,E-07	0,79131024	7,E-07	8,E-01	0,101653584						
0,14	0,72443596	1,38038E-14	72444,596	7,E-07	0,77443596	7,E-07	8,E-01	0,111014876						
0,15	0,70794578	1,41254E-14	70795,5784	7,E-07	0,75794578	7,E-07	8,E-01	0,120362263						
0,16	0,69183097	1,44544E-14	69184,0971	7,E-07	0,74183097	7,E-07	7,E-01	0,129695462						
0,17	0,67608298	1,47911E-14	67609,2975	7,E-07	0,72608298	7,E-07	7,E-01	0,139014188						
0,18	0,66069345	1,51356E-14	66070,3448	8,E-07	0,71069345	8,E-07	7,E-01	0,148318151						
0,19	0,64565423	1,54882E-14	64566,4229	8,E-07	0,69565423	8,E-07	7,E-01	0,157607054						

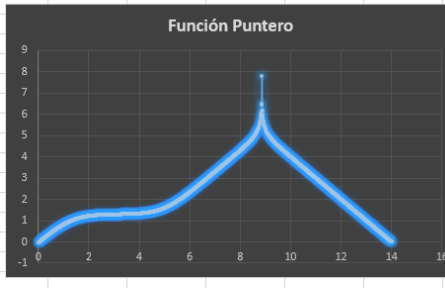


Imagen 24. Hoja de Cálculo de Excel del Ácido Acetilsalicílico.