

Implementación y Evaluación De Un Objeto de Aprendizaje en Ciencias Naturales: ¿En Qué se Parecen el Equilibrio Físico y el Equilibrio Químico?

Johan Rodolfo Orozco

Código: 200939080

Universidad del valle

Faculta de Educación y Pedagogía

Área de Educación en Ciencias y Tecnologías

Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias

Naturales y Educación Ambiental (3467)

Santiago de Cali

Febrero 2022

Implementación y Evaluación De Un Objeto de Aprendizaje en Ciencias Naturales: ¿En Qué se
Parecen el Equilibrio Físico y el Equilibrio Químico?

Johan Rodolfo Orozco

Código: 200939080

Trabajo de grado presentado para optar el título de:
Licenciado en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales
Y Educación Ambiental

Tutor:

Mg. Boris Fernando Candela Rodríguez

Universidad del valle

Faculta de Educación y Pedagogía

Área de Educación en Ciencias y Tecnologías

Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias

Naturales y Educación Ambiental (3467)

Santiago de Cali

Febrero 2022

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a Dios, por brindarme la fortaleza, la constancia, la tenacidad para no desfallecer en el camino a mi superación profesional.

A mi abuelo Hernando Orozco (Q.E.P.D) quien con su amor cimentó las base para poder afrontar los obstáculos que la vida presenta.

A mi padre Henry Orozco y mi tío Darley Orozco, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicionalmente, inculcándome la responsabilidad y no temer a las responsabilidades.

A mi madre que, con su esfuerzo y cariño, aunque en la distancia siempre está pendiente de cada paso en mi vida

A mi esposa Kateryn y mi hijo Jacobo, por su cariño y comprensión, por ser el motor que impulsa mi vida diariamente, sin dejarme desfallecer por los diferentes obstáculos que diariamente se presentan.

Igualmente quiero dedicar estos cortos renglones a las personas que siempre estuvieron y están en mi vida , las cuales con sus consejos y palabras no dejaron que me rindiera en este arduo camino.

Agradecimientos

Este trabajo de grado se lo quiero agradecer primeramente a Dios quien orienta mis pasos en el caminar de mi realización profesional y personal,

De la misma forma , le expreso mi gratitud a todos los profesores de la facultad de educación y pedagogía que pusieron su granito de arena en mi formación profesional, especialmente al profesor Andrés Espinoza por brindarme su apoyo cuando más lo necesitaba.

Finalmente quiero expresar mi gratitud y más sincera admiración al profesor Boris Fernando Candela, por su compromiso, acompañamiento, enseñanza y responsabilidad durante la construcción de este trabajo de grado.

Tabla de Contenido

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
Justificación	14
Antecedentes	21
La investigación basada en el diseño educativo	21
Diseño de objetos de aprendizaje.....	23
Implementación y evaluación de materiales de enseñanza	25
Dificultades y/o concepciones alternativas del equilibrio químico	27
Planteamiento problema	29
Pregunta de investigación general:.....	38
Preguntas orientadoras de indagación.....	38
CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA	38
Los estudios de diseño como una metodología de investigación novedosa	38
Principios de la investigación del diseño.....	40
Principios del diseño de ambientes de aprendizaje.....	41
Principios de la implementación de ambientes de aprendizaje	42
Principios de la evaluación de ambientes de aprendizaje	43
Teorías del diseño instruccional	44
Principales características de las teorías de diseño instruccional de segunda generación	46
Coherencia curricular como principio de diseño.....	50
Objetos de aprendizaje	53
Concepto y características de los objetos de aprendizaje.....	54
Ventajas y desventajas de los objetos de aprendizaje (OA).....	55

Dificultades/limitaciones que presenta la enseñanza y el aprendizaje equilibrio químico.....	59
---	-----------

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO 62

Objetivos	63
Aspectos metodológicos de la investigación.....	63
Descripción de la metodología	64
Selección del caso	65
Docentes participantes.....	66
Estudiantes participantes	67
Objeto de aprendizaje implementado	67
Contexto del caso.....	69
Fases del estudio.....	70
Implementación o puesta en escena del conjunto de actividades de aprendizaje	70
Fase de evaluación.....	71
Características claves del diseño (CCD)	73
Fuentes documentales.....	86
Características claves de diseño.....	86
Observación participante	87
Videos de las sesiones de clase.....	88
Diarios reflexivos del profesor	89
Análisis de datos.....	90
CAPITULO IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	94
Característica clave de diseño 1: introducción. La temperatura como factor que condiciona la velocidad de las reacciones bioquímicas.....	95
Característica clave de diseño 2: cinética química. Un caso con el peróxido de hidrógeno.	103

Característica clave de diseño 3: reacciones reversibles y equilibrio químico.....	108
Característica clave de diseño 4: factores que afectan la velocidad de la reacción.	118
Característica clave de diseño 5: principio de le châtelier.	130
Característica clave de diseño 6: tarea.....	142
Conclusiones	148
Referencias bibliográficas	154

Lista de figuras

Figura 1. Modelo de evaluación de la secuencia de enseñanza	44
Figura 2. Modelo de evaluación de la secuencia de enseñanza - ampliado de Millar (2002) por Alzaghibi (2010)	72
Figura 3. Captura de pantalla de la sección del OA “Introducción”	95
Figura 4. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 1”	103
Figura 5. <i>Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 2”</i>	108
Figura 6. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 3”	118
Figura 7. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 4”	130
Figura 8. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 4”, pestaña 5	139
Figura 9. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 5”	142

Lista de Tablas

Tabla 1. Ventajas y desventajas de hacer un uso pedagógico de los OA	56
Tabla 2. Ventajas y desventajas de hacer un uso pedagógico de los OA	57
Tabla 3. Categorías de concepciones alternativas acerca del equilibrio químico.....	60
Tabla 4. Relación entre las fases de los estudios de diseño y los tipos de estudios de caso desde Yin (2003).....	65
Tabla 5. Características Claves de Diseño (CCD) referentes a la enseñanza y aprendizaje del fenómeno del equilibrio químico.....	75

Resumen

Esta investigación presenta la implementación y evaluación del objeto de aprendizaje (OA) ¿En qué se parece el equilibrio químico y el equilibrio físico?, vinculado a las ciencias, a través del área de la química en estudiantes de decimo grado pertenecientes a una institución educativa de carácter público, ubicada en la ciudad de Santiago de Cali, para lo cual se implementó una metodología de investigación con carácter cualitativo circunscrita a la perspectiva de estudio de caso, fundamentándose a través de diferentes fuentes documentales tales como: Características Claves del Diseño (CCD), observación participante, Videos de las sesiones de clase, diario reflexivo del profesor, análisis de datos, material del estudiante y del profesor. Así mismo la evaluación de dicho objeto de aprendizaje se llevó a cabo por medio del modelo de evaluación tripartito entre las relaciones conceptuales y empíricas, teniendo en cuenta: las intenciones de diseño (representadas por las CCD), las acciones del profesor y los estudiantes durante la implementación, y el aprendizaje alcanzado por los estudiantes.

Palabras Claves: Objetos de aprendizaje, Equilibrio químico, Diseño instruccional, Dificultades de aprendizaje, Características claves del diseño (CCD).

Introducción

En la actualidad el acceso a las TIC es un tema que abarca todas las esferas de la sociedad en el ámbito, personal, laboral y académico, este último ha tenido una fuerte influencia de estas herramientas tecnológicas, no es sorprendente que algunas aulas de clase centren su enseñanza utilizando las TIC como recurso de enseñanza aprendizaje, es debido a que las nuevas generaciones de estudiantes y profesores perciben el mundo de una manera más digital, donde no existen fronteras de enseñanza y además es posible implementar diversas herramientas para enseñar o aprender un nuevo concepto, dichas herramientas pueden ser videos, elaboración de simuladores, páginas Web y Objetos de Aprendizaje, lo que se puede destacar de este tipo de tecnología es la facilidad de acceso a la información que tiene, cualquier persona con conocimiento básico puede utilizar estas tecnologías y sacar provecho de ellas.

En particular cuando se requiere comprender un tema de estudio complejo en términos de que no se puede modelar con ejemplos sencillos de la vida cotidiana o que no se pueda explicar con los niveles de representación macroscópico sino más bien con niveles microscópicos, como por ejemplo los conceptos de equilibrio físico y equilibrio químico, se hace muy difícil explicar estos conceptos utilizando solamente el tablero y si se hace de esta manera la clase se tornaría aburrida e incomprensible, los estudiantes necesitan tener una visión amplia de estos conceptos, saber en qué situaciones ocurre el equilibrio físico y el equilibrio químico, aprender a diferenciar sus similitudes y diferencias y adaptarlos a situaciones de la vida cotidiana y no solo que queden como conceptos abstractos que no tienen una utilidad en la vida real. Es indispensable que estos conceptos se aborden con herramientas de la virtualidad como por ejemplo los Objetos de

Aprendizaje, que puede acuñar diferentes herramientas de enseñanza aprendizaje de un tema específico.

Esta herramienta tecnológica es en la que se enfoca este trabajo de grado, específicamente en la implementación y evaluación de objetos de aprendizaje centrados en los conceptos de equilibrio físico y equilibrio químico. El diseño metodológico se direcciono por un enfoque investigativo del tipo cualitativo e interpretativo por estudio de caso, la muestra para la aplicación del diseño metodológico se dio por 30 estudiantes del grado decimo de la Institución Educativa La Anunciación en edades comprendidas entre los 14 y 15 años (18 niñas y 12 niños). El Objeto de Aprendizaje implementado y evaluado fue un OA de Colombia Aprende ¿En Qué se Parecen el Equilibrio Físico y el Equilibrio Químico?

La implementación y evaluación de los OA permite percibir aspectos a mejorar y destacar en este tipo de trabajos, en ocasiones el diseñador del material pasa por alto errores de contenido, que a veces no son percibidos por el docente y por ende son enseñados al estudiante generando una enseñanza errónea de los temas tratados. Así mismo es necesario que estos materiales se actualicen constantemente en el sentido de la información que contienen, y esto se percibe cuando se evalúan estos materiales. De igual forma sirven de base para retomar información relevante que pueda ser utilizada para la creación de nuevos objetos de aprendizaje, cuyo enfoque interactivo tenga otro tipo de público, por ejemplo, personas con discapacidad auditiva o visual. Vale la pena destacar que los objetos de aprendizaje son una excelente herramienta de enseñanza aprendizaje, pues en pocas palabras facilita la creación de contenido por parte del profesor y los estudiantes se sienten más motivados para recibir la clase.

Para concluir es relevante describir la conformación de los capítulos de este trabajo de investigación, para que al lector tenga una vista general del trabajo y se remita al capítulo

concreto cuando así lo desee. En el Capítulo I se presenta el planteamiento del problema, explicando la necesidad de implementar y evaluar un Objeto de Aprendizaje del área de ciencias naturales, asignatura de química, y se exponen algunos antecedentes importantes alrededor de esta temática. El Capítulo II contiene el marco conceptual de referencia, que permite conocer las referencias documentales que se consultaron para argumentar de forma fundamentada las respuestas dadas a la investigación del caso; por ejemplo, acerca de los estudios de diseño, las teorías del diseño instruccional, los objetos de aprendizaje, entre otros. El Capítulo III muestra el diseño metodológico en donde se explica el tipo de enfoque metodológico, la muestra que se seleccionó, el sitio en donde se aplicó el OA y el tipo de OA que se utilizó. El Capítulo IV recoge los resultados obtenidos luego de la investigación desarrollada en el aula de clase, destacándose la importancia de adoptar los principios de diseño e implementación de ambientes de aprendizaje que ahora están principalmente limitados a la teoría educativa, sin ser puestos en práctica en escenarios de enseñanza reales. Por último, se presentan las conclusiones derivadas del proceso de investigación, las referencias bibliográficas del estudio y los anexos que sirven como soporte a lo expuesto en este documento.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Justificación

Desde mediados de la década de los ochenta los investigadores de la educación en ciencias han tenido como propósito mejorar las prácticas educativas, con el fin de ayudar a los estudiantes de la escuela primaria y secundaria a lograr una enculturación científica. De ahí que, los últimos movimientos de reformas curriculares en educación en ciencias han formulado expectativas educativas que se han movido de una orientación de enseñanza centrada en el profesor y los contenidos, a una focalizada en los estudiantes (Hodson, 1994). Esta última orientación instruccional le ha brindado la oportunidad a los estudiantes de comprometerse con el aprendizaje del currículo de las ciencias, como consecuencia a la transacción de significados y formas de significar en el marco de auténticos problemas (Espinosa, 2016).

Conviene subrayar que, a las actuales reformas curriculares en educación en ciencias se caracterizan por prescribir la instrucción en ciencias desde una orientación de enseñanza centrada en el estudiante. De hecho, a estas reformas las sustentan ricos marcos teóricos de naturaleza epistemológica, histórica, socioculturales, pedagógicas y didácticas provenientes de las investigaciones de frontera en el campo de investigación de la educación en ciencias. Sin embargo, la investigación sobre currículo ha evidenciado que dichas expectativas curriculares aún no han impactado la práctica educativa. Desde luego, esta situación se ha traducido en un bajo nivel de enculturación científica de los estudiantes.

Si bien a las actuales reformas curriculares en educación en ciencias las subyacen principios de orden epistemológicos, históricos, socioculturales, pedagógicos y didácticos provenientes de las investigaciones de frontera en el campo de investigación de la educación en

ciencias, estas han tenido restricciones para orientar los razonamientos y acciones pedagógicas de los profesores. Desde luego, esta situación se ha traducido en un bajo nivel de enculturación científica de los estudiantes.

Por todo esto, se ha comenzado a considerar que el campo de investigación en la educación en ciencias existe una ruptura entre la teoría proveniente de los estudios empíricos y las prácticas educativas llevadas a cabo en el aula de ciencias (Klopfer, 1983). Desde luego, se ha logrado evidenciar que muchos de los razonamientos y acciones pedagógicas de los profesores que fundamentan la práctica de la planeación y la enseñanza de contenidos específicos no son informadas por los marcos teóricos emergidos de los estudios empíricos (Espinosa, 2016). Por todo esto, se considere que actualmente la educación en ciencias está en crisis.

Adicionalmente, los investigadores del campo de la educación en ciencias han evidenciado que la ruptura entre la teoría y práctica de planeación e instrucción se traduce en el diseño de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos, los cuales no presentan el principio de la coherencia intra e intercurricular. Así pues, en estos materiales instruccionales no existe una coherencia entre los siguientes elementos: metas de aprendizaje y enseñanza; dificultades y concepciones alternativas con las llega los estudiantes al aula de clase; potencialidades que ofrecen los recursos curriculares analógicos y digitales; técnicas, estrategias y modelos de enseñanza; herramientas específicas de evaluación; y actividades de aprendizaje. Además, estos materiales no presentan una clara relación intencional con los otros ambientes de aprendizaje dentro y a lo largo de los diferentes grados de escolaridad (Candela & Cataño, 2019; Schmidt, Wang y McKnight, 2005)

En este mismo sentido, Schmidt, Wang y McKnight (2005) han argumentado que el principio de la coherencia intra e intercurricular de los ambientes de aprendizaje es uno de los factores que influye fuertemente en el aprendizaje de los contenidos de las ciencias. Por supuesto, los razonamientos y acciones pedagógicas del profesor que ayuda a andamiar de forma exitosa a los estudiantes, están determinados por la toma de decisiones curriculares e instruccionales que fundamentan el ambiente de aprendizaje en consideración. De ahí que, cada uno de los elementos curriculares que configuran la toma de decisiones deben estar alineados coherentemente. Por ejemplo, las metas de aprendizaje y las dificultades/concepciones alternativas que presentan los estudiantes, deben estar estrechamente vinculadas con las potencialidades (affordances) que ofrecen los recursos curriculares, las estrategias de aprendizaje y las actividades de aprendizaje.

Ahora bien, en el campo de la educación en ciencias con el ánimo de comenzar a superar la ruptura entre la teoría y la práctica, y la falta de coherencia curricular en los ambientes de aprendizaje de contenidos específicos, emergió la línea de investigación basada en el diseño. Esta tiene como propósito central diseñar, implementar y evaluar ambientes de aprendizaje de tópicos específicos potenciados por las TIC en aulas reales. Desde luego, estos ambientes de aprendizaje se caracterizan por poseer el principio de la coherencia intra e intercurricular, con el fin de ayudar a los estudiantes a comprender el contenido que representa un fenómeno natural.

Así mismo, el diseño, la implementación y la evaluación formativa de los ambientes de aprendizaje contenidos específicos producen una serie de teorías de dominio específico o teorías humildes¹. Estas describen las formas como un sujeto aprenden determinado contenido de las

¹ Conviene subrayar, que las teorías de dominio específico no tienen el mismo estatus epistemológico de las teorías universales de las ciencias. Es decir, las teorías de dominio específico son de carácter situado o contextualizado, cuya meta es la de describir y documentar la forma como unos estudiantes singulares aprenden un contenido y el profesor andamian dicho aprendizaje.

ciencias, además, documentan las diferentes estrategias y modelos de enseñanza utilizados por un profesor a fin de andamiar el aprendizaje del fenómeno natural estudiado. Adicionalmente, este ciclo iterativo de diseño produce una secuencia de actividades de aprendizaje las cuales se convierten en el corredor conceptual y metodológicos por donde se moverá el estudiante con la orientación del profesor.

Ahora bien, el ciclo iterativo de diseño de ambientes de aprendizaje en el marco de la investigación basada en el diseño tiene la particularidad de hacer uso de las TIC como una herramienta socio-cognitiva. De hecho, en esta perspectiva las TIC son concebidas como socias cognitivas de los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias. Así, estas ayudan a distribuir la demanda cognitiva que implica el dar solución a la serie de problemas y tareas a las que se enfrenta constantemente los estudiantes el aula de ciencias (Candela, 2020). Adicionalmente, las teorías de dominio específico que fundamentan el diseño de los ambientes de aprendizaje prescriben que la implementación de éstos debe darse desde una orientación de enseñanza centrada en el estudiante. Desde luego, dicha orientación les brinda la oportunidad a los estudiantes de llevar a cabo transacciones de significados y formas de significar que caracterizan las prácticas culturales de la comunidad científica.

Por tanto, los anteriores presupuestos les generaron a los diseñadores de las políticas curriculares a nivel internacional y nacional la necesidad de llevar a cabo proyectos referentes al diseño de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos potenciados por las TIC con el fin de mejorar las prácticas educativas (Blumenfeld, Fishman, Krajcik, Marx y Soloway, 2000). Por ejemplo, en el contexto nacional entre el período 2012-2016 se realizó proyecto “Construyendo capacidades en el uso de las TIC para innovar en la educación” del MEN. Este proyecto se realizó en el marco de un acuerdo de cooperación internacional entre el Gobierno de Corea del

Sur y el MEN (CIER centro, 2016). Además, el proyecto estuvo configurado por cinco “Centros de Innovación Educativa Regionales” (CIER), distribuidos geográficamente por todo el territorio nacional¹ para asegurar su cubrimiento.

En este sentido, los CIER estuvieron encargados de diseñar, producir y gestionar los ambientes de aprendizajes de contenidos específicos potenciado por las TIC u Objetos de Aprendizaje (en adelante OA). El diseño y desarrollo de estos OA, quizás estuvo fundamentado por la toma de decisiones curriculares e instruccionales, cuyo desarrollo teórico se debió apoyar en la literatura que proviene de la investigación sobre la educación de ciencias, el lenguaje y las matemáticas referente a la disciplina, la pedagogía y el uso pedagógico de las TIC. Por supuesto, el diseño también fue influenciado por la sabiduría que le otorga la experiencia profesional al profesor/diseñador.

Así mismo, los OA de ciencias naturales fueron diseñados y desarrollados con el propósito de ayudar a los estudiantes de la escuela primaria y secundaria a superar la serie de dificultades y concepciones alternativas con las llegan al aula de ciencias. Es decir, a estos ambientes de aprendizaje les subyace la creencia y expectativa, que su implementación desde una perspectiva de enseñanza centrada en los estudiantes, probablemente andamian el proceso de enculturación científica de los estudiantes.

Por otro lado, los investigadores del campo de la educación en ciencias han determinado que los estudiantes de la escuela secundaria presentan serias dificultades para el aprendizaje de las ciencias en forma general y de la química de manera particular. En este sentido, ellos argumentan que los aprendices tienen restricciones para comprender los contenidos que representa los fenómenos naturales. Esta situación es causada por los siguientes elementos: alto nivel de abstracción de los contenidos; falta de diferenciación e integración de las ciencias;

dificulta en traducir las representaciones macroscópicas y submicroscópica a representaciones simbólicas de carácter matemática; y la naturaleza lingüística y semiótica del discurso científico.

Por lo que se refiere al aprendizaje del contenido que representa el fenómeno del equilibrio químico, los investigadores han evidenciado que por lo general los estudiantes de la escuela secundaria presentan las siguientes dificultades: no han logrado apropiarse del fenómeno de transformación química; presentan dificultades para concebir la naturaleza dinámica de los cambios químicos a nivel corpuscular; falta diferenciar e integrar los tres niveles de representación de la química; hace falta desarrollar el principio del equilibrio dinámica de los sistemas químicos y la reversibilidad de los fenómenos naturales; en otras (Candela, 2021; Garay-Talero & Reina-Gamboa, 2016).

Por todo esto, en las dos últimas décadas a nivel internacional y nacional se han emprendido proyectos cuyo propósito central ha sido el diseño de ambientes de aprendizaje de contenidos de las ciencias. Desde luego, el diseño de estos ambientes de aprendizaje ha estado fundamentados por ricos marcos teóricos y metodológicos provenientes de la literatura en investigación en educación en ciencias, presupuestos direccionados desde los referentes curriculares estatales y la sabiduría que otorga la experiencia del profesor-diseñador.

Si bien, los proyectos de investigación en el marco de los estudios de diseño o investigación basada en el diseño a nivel internacional y nacional han tenido expectativa curriculares e instruccionales loables, muchos de éstos se han quedado en la fase del diseño, descuidando la implementación y la evaluación de dichos ambientes de aprendizaje. Por ejemplo, en el contexto nacional el CIER-Sur diseño y desarrollo el OA titulado, ¿En qué se parece el equilibrio físico y el equilibrio químico? A este OA lo fundamentan una serie de teorías

específicas referentes al aprendizaje del fenómeno del equilibrio químico, pero, estas aún no se han contrastado en contextos reales de enseñanza y aprendizaje.

Teniendo en cuenta lo anterior es conveniente implementar el OA que representa el equilibrio químico, con el propósito de llevar a cabo una evaluación formativa y situada de las teorías de dominio específico que fundamentan este OA. De hecho, el completar el ciclo iterativo de diseño, implementación y evaluación del OA en cuestión les dará a estas teorías el estatus de principios de dominio específicos, los cuales podrán ser utilizados por los diseñadores/profesores para rediseñar el OA del equilibrio químico. Por tanto, llevar a cabo el ciclo iterativo del diseño se han convertido en una necesidad tanto para ayudar disminuir la ruptura entre la teoría y la práctica, como para generar principios de dominio específico referente a la enseñanza y aprendizaje del equilibrio químico, los cuales pueden ser utilizados por otros profesores en formación y en ejercicio como un referente reflexivo para su práctica educativa.

Finalmente, Dominguez (2017) argumenta que en el momento de implementar los objetos de aprendizaje no se examinan los aspectos técnicos y pedagógicos con el fin de evidenciar las ventajas y desventajas que pueda presentar el objeto aprendizaje en su aspecto de calidad de contenido, facilidad de uso e interactividad. Por ende, el propósito de implementar y evaluar los objetos de aprendizaje como herramienta en la enseñanza y aprendizaje, permite al profesor/diseñador incentivar y optimizar el aprendizaje, dejando a un lado el libro de texto, además, los temas disciplinares presentados a través del OA se muestran de una manera dinámica y atractiva lo que no se ve en la teoría plasmada en los libros de texto, por lo que se vuelve una estrategia de enseñanza-aprendizaje útil para impartir contenidos complejos de química especialmente los relacionados con el concepto de equilibrio químico (Palomeque & Botero, 2014).

Antecedentes

La línea de investigación de los estudios de diseño desde finales del siglo XX se ha desarrollado y consolidado, a partir de una serie de estudios sistemáticos acerca del diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos potenciados por las TIC. En este sentido, este estudio ha recurrido a algunas de estas fuentes investigación con el ánimo de formular, configurar y desarrollar teórica y metodológicamente esta indagación. Así pues, se toma la decisión de clasificar los antecedentes cuatro ámbitos, a saber: (1) La investigación basada en el diseño educativo; (2) Diseño de objetos de aprendizaje; (3) Implementación y evaluación de materiales de enseñanza; y (4) Dificultades y/o concepciones alternativas del equilibrio químico.

La investigación basada en el diseño educativo

Candela (2016), argumenta que la investigación basada en el diseño de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos tiene como propósito fundamental el diseñar, implementar y evaluar materiales de enseñanza potenciados por las TIC. Por su puesto, dichos materiales están fundamentados disciplinar, pedagógica y tecnológicamente, es decir, a estos materiales los subyacen unas teorías de dominio específico. Estas se caracterizan por describir las formas como unos estudiantes singulares pueden comenzar a aprender un contenido particular, junto con las posibles acciones pedagógicas que andamien dicho proceso de aprendizaje. De esta forma la investigación basada en el diseño busca evidenciar los diferentes conocimientos previos con los que llega el estudiante, la forma de interactuar con el profesor, focalizando dicha investigación en cómo se va desarrollando la clase, mediante el estudio los registros de grabaciones realizadas y la evaluación en el aula.

De Benito Crosetti & Salinas Ibáñez (2016) afirman que la investigación basada en el diseño está encaminada hacia la innovación educativa potenciada por las TIC. Desde luego, en esta línea de indagación se propone responder a los diferentes problemas relacionados con el aprendizaje de un contenido específico a través del diseño e implementación de ambientes de aprendizaje en contextos reales. Para ello, apela a un conjunto de teorías científicas o modelos con el fin de proponer estrategias en la solución de ruptura del diseño y la enseñanza, señalando así cuatro áreas en las que los métodos de investigación basada en diseño presentan mayores perspectivas:

Explorar las posibilidades para crear ambientes de aprendizaje.

- Desarrollar teorías de instrucción y aprendizaje basadas en el contexto.
- Avanzar y consolidar el conocimiento sobre diseño didáctico.
- Incrementar nuestra capacidad para la innovación educativa.

Por todo esto, los estudios basados en diseño están ganando fuerza en el ámbito de la educación, ya que, ayudan a comprender todos los pasos del proceso de creación, elaboración, revisión, implantación y diseminación.

Los antecedentes anteriormente descriptos permiten a esta investigación encaminarla en la línea de investigación de los estudios de diseño o metodología de investigación de la ciencia del diseño. En este sentido, dichos antecedentes ayudan a orientar la construcción del marco teórico, cuyas teorías de carácter sustantivo apoyan la formulación y sustentación del problema abordado en este estudio. Por ejemplo, Candela (2016) permite conceptualizar de forma adecuada el constructo de teorías de dominio específico o teorías humildes, las cuales juegan un papel clave en los diseños, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje.

Diseño de objetos de aprendizaje

Wiley (2000) plantea que es necesario el desarrollo de una teoría del diseño instruccional, como base del diseño y uso del OA. Para ello, identificó cuatro teorías de diseño instruccional compatibles, las cuales contenían un alcance manifiesto y una guía de secuencia que podría ser aplicable a los OA, tales como: la teoría de la elaboración, la síntesis del modelo de trabajo, la teoría del dominio y el modelo de diseño instruccional de cuatro componentes. Estas teorías, orientaron a Wiley (2000) en la formulación de nueva teoría instruccional que donde conceptualiza los principios que se deben seguir en el diseño, la implementación y la evaluación de materiales de enseñanza denominados Objetos de Aprendizaje.

Así, Wiley (2000) argumenta que OA se puede dividir en tres secciones principales: pautas de diseño instruccional, pautas de diseño de objetos de aprendizaje y "prescriptivo" que conecta las pautas de diseño instruccional con las del diseño del Objetos de Aprendizaje. Esta acción de diseño se logra a través del análisis literario a documentos referentes a las disciplinas de estudio, pedagogía, didáctica y tecnología. De hecho, dicho análisis le permite al profesor/diseñador tomar decisiones curriculares e instruccionales sobre cómo apoyar a los estudiantes en el aprendizaje de un contenido específico. Adicionalmente, Wiley (2000) destaca que los OA se están convirtiendo en una alternativa para los procesos de enseñanza y aprendizaje donde las TIC son utilizadas desde argumentos pedagógicos. También, estos materiales de enseñanza denominados OA puede ser reconfigurados en otros OA de aprendizaje que representan otras metas de aprendizaje.

Garay y Reina (2016) argumentan que el diseño de Objetos de Aprendizaje debe estar fundamentado disciplinar, pedagógica y tecnológicamente, con el propósito de que estos materiales instruccionales presenten una coherencia intra e intercurricular. Por supuesto, ellos

han evidenciado que el principio de la coherencia juega un papel clave en el andamiaje del aprendizaje de los estudiantes. Además Garay y Reina (2016) divido en tres momentos el diseño del OA que representa el contenido del equilibrio químico, a saber: el primer momento describe el contexto, en el cual se desarrolla la metodología de carácter cualitativo que se ciñe a los estudios de diseño sustentado a través de la investigación del diseño de OA; el segundo momento se plantean los principios de diseño desde Perkins & Unger (1999) que guían la construcción y materialización del OA, los cuales son: *tópicos generativos*, *propósitos para la comprensión*, *desempeños para la comprensión y evaluación continua*, y por último el desarrollo de cada principio teniendo en cuenta el contexto de diseño, el campo disciplinar pedagógico, didáctico y disciplinar del tópico del equilibrio químico. Evidenciando que los OA son de gran ayuda, siendo un mediador entre la enseñanza y el aprendizaje, pero esto mientras el OA cumpla los parámetros del diseñado, como son las teorías del diseño instruccional que guíen su construcción de forma curricularmente coherente.

Estos dos antecedentes permiten conceptualizar los OA como ambientes de aprendizaje de contenidos específicos potenciados por las TIC. Desde luego, que esta clase de ambiente de aprendizaje se encuentran en el marco de los estudios de diseño, situación que permite inferir que están fundamentados por los tres principios fundamentan esta línea de investigación: diseño, implementación y evaluación. Así, estos antecedentes suministran unos elementos de orden teórico y metodológico, los cuales ejercen una fuerte influencia en el marco teórico y la metodología de este estudio.

Implementación y evaluación de materiales de enseñanza

Candela y Reyes (2018) sostiene que es necesario implementar y evaluar los OA con el propósito de contrastar las teorías de dominio específico que sustentan disciplinar, pedagógica y tecnológicamente el ambiente de aprendizaje en consideración. Para ello, se utiliza una perspectiva metodológica de carácter mixto (cuantitativo-cualitativo). Además, se hace uso del modelo de evaluación tripartita de Alzaghibi (2010) el cual compara de forma reflexiva tres aspectos: las intenciones de diseño del OA en términos de las decisiones curriculares e instruccionales; los razonamientos y acciones llevadas a cabo por los estudiantes y el profesor; y los aprendizajes alcanzados por los estudiantes. Los datos de naturaleza cuantitativa fueron recogidos por un pre y postest; en tanto los cualitativos se recabaron por medio de observación participante, videos, entrevista a profesor y estudiantes. El análisis de la investigación se dividió en tres momentos, por lo cual se tuvo en cuenta la metodología cuantitativa-cualitativa por estudio de casos descriptivo y explicativo, el cual se desarrolló a través del índice de ganancia de aprendizaje normalizado de Hake para los datos cuantitativos, y la información cualitativa se interpretó con el método de análisis comparativo. Dando como resultado que el modelo de evaluación tripartita permite cotejar los diferentes propósitos del diseño que dan fundamento a los OA, proporcionando información fundamental para la evaluación de este. Este enfoque de evaluación permite comparar las intenciones de diseño que fundamenta el OA, las reales acciones de los estudiantes y el profesor a lo largo de la implementación, y los aprendizajes alcanzados por los estudiantes.

El análisis de los datos cuantitativos permitió de manera general evidenciar que los estudiantes en el pre-test estuvieron por debajo del 50% de respuestas correctas, y en el pos-test lograron mejorar este porcentaje de ganancia de aprendizaje. El análisis de la base empírica

cualitativa dejó ver que los estudiantes llevaron a cabo razonamientos y acciones que evidenciar una apropiación de algunas herramientas conceptuales y prácticas culturales propias de las ciencias. Desde luego, esta situación se ha dado tanto por las actividades de aprendizaje que configuran el OA estudiados, como por el proceso de andamiaje realizado por el profesor en el aula de ciencias.

Cabrera y Dominguez (2020) plantean que por lo general la elección que hace un profesor de química de un OA de aprendizaje, difícilmente está apoyada en aspectos técnicos, pedagógicos e interactividad. En este sentido, se proponen seleccionar cinco OA que representan el fenómeno del equilibrio químico con el fin de evaluar los tres aspectos antes mencionados, los cuales ejercen una fuerte influencia en el andamiaje de los estudiantes en el aula de química. Para ello, hacen uso del enfoque metodológico cualitativo de tipo descriptivo e interpretativo, además, se utiliza un formato de evaluación cuyos ítems representan los siguientes elementos: pertinencia, viabilidad, interactividad y la calidad de los OA seleccionados para el análisis. Por tal motivo se concluye en que es importante que los profesores en formación y profesores activos se hagan partícipes de los procesos de diseño y elaboración de OA, de este modo, se puedan corregir los errores presentados en los resultados de los materiales analizados.

Los anteriores antecedentes ayudan suministran elementos metodológicos y analíticos referentes al diseño, implementación y evaluación de OA. Desde luego, estos elementos ayudan a formular una heurística a fin de implementar y evaluar el OA de aprendizaje estudiado en esta indagación. Por ejemplo, el estudio de Candela & Reyes (2018) permite evidenciar que la evaluación de ambiente de aprendizaje de contenidos específico se puede llevar a cabo por el modelo de evaluación tripartita de Alzaghibi (2010) con el propósito de darle validez y confiabilidad a los resultados.

Dificultades y/o concepciones alternativas del equilibrio químico

En este punto se resalta los estudios hechos sobre la comprensión y los errores que se presentan en la enseñanza del concepto de equilibrio químico.

Hernando et al (2003) afirman que, debido a la complejidad del contenido del equilibrio químico en la enseñanza, éste ha sido objeto de varias investigaciones, especialmente donde se abordan las concepciones alternativas que presentan los estudiantes. Dichas investigaciones han determinado que una de las dificultades más recurrentes de los estudiantes es la falta de diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química (macroscópico, submicroscópico y simbólico). Adicionalmente, los aprendices por lo general, conciben la naturaleza de la materia de forma continua, es decir, no han logrado internalizar que las sustancias se encuentran configuradas por partículas (p. ej., átomos, moléculas, entre otras). Por todo, esto Hernando et al. (2003) argumentan que los estudiantes presentan serias dificultades para comprender el fenómeno del equilibrio químico. Con el fin de llevar a cabo la investigación, Hernando et al. (2003) propone la realización de dos encuestas y una entrevista, con el objetivo de conocer el conocimiento que los estudiantes tienen sobre el concepto de equilibrio químico, la primera encuesta se aplica a 51 estudiantes seleccionados, la segunda encuesta fue aplicada a 46 estudiantes y la entrevista fue realizada a 35 estudiantes. Al analizar la encuestas y entrevistas mencionadas anteriormente, se encontró que el aprendizaje del concepto de equilibrio químico por los estudiantes es bastante pobre dado a que un bajo porcentaje logran precisar las características macroscópicas y las características microscópicas lo cual es necesario para lograr un aprendizaje del concepto.

Bermudez y Longhi (2011) argumentan que la química es una disciplina con un lenguaje muy simbólico y de modelos analógicos, por lo cual los estudiantes en su aprendizaje presentan

gran variedad de dificultades, esto debido al aislamiento del pensamiento cotidiano con el químico. Por tal motivo comparan distintas estrategias en la enseñanza del concepto de equilibrio químico, teniendo en cuenta cómo el estudiante universitario comprende el contenido, el propósito y la forma de comunicación de dicho concepto de la química. Se realizó un estudio con estudiantes de biología y profesores de dicha carrera de la universidad Nacional de Córdoba Argentina con diferentes horarios de clase. Estos agentes educativos se dividieron en tres grupos, a los cuales se les aplicó un pretest y postest de carácter cualitativo. El grupo uno se evaluó en el marco de una clase tradicional, al grupo dos se le evaluó el dominio y regulación de sus procesos cognitivos, y el grupo tres se le evaluó la indagación dialógica. Hallando que los estudiantes alcanzaron niveles altos en la comprensión del concepto de equilibrio químico, además, se identificó un avance significativo cuando el profesor utilizaba posturas constructivistas.

Mena-Rodriguez (2012) plantea que el contenido del equilibrio químico es abstracto y complejo de interpretar y aprender por parte de los estudiantes. Con el fin de ayudar a superar estas restricciones él afirma que se le debe brindar la oportunidad a los estudiantes de enfrentarse a auténticas actividades de aprendizaje que les permita hacer una diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química. Por supuesto, también se requiere para un andamiaje éxitos de los razonamientos y acciones pedagógicos de un profesor en el marco de una perspectiva sociocultural. Para ello, Mena-Rodriguez (2012) propone el ciclo de aprendizaje de Jorbá y Sanmartí (2000), el cual está compuesto de cinco actividades. La primera suministra la posibilidad a los estudiantes de organizarse en grupos y responder preguntas sobre algunos conceptos básicos del fenómeno del equilibrio químico; en la segunda los grupos elaboran preguntas que se entregan a grupos diferentes y se discuten entre los miembros del equipo para luego ser socializadas. En la tercera el profesor toma la iniciativa dando explicaciones

pertinentes de los conceptos de equilibrio químico. En la cuarta se realiza una práctica experimental que permite al estudiante desarrollar habilidades como la comparación, la recolección, el análisis, el procesamiento de la información para luego ser argumentada. Y, finalmente, en la quinta el estudiante es evaluado y analizado según los avances frente a las dificultades que se presentan para la comprensión del concepto de equilibrio químico. El autor evidenció que entre los grupos formados por los estudiantes hubo aprendizaje colaborativo, donde desarrollaron responsabilidad individual y conjunta, pues cada uno asumió el rol que le toco desempeñar en el equipo de trabajo al cual pertenecía.

Los anteriores antecedentes evidencian las dificultades para el aprendizaje y la enseñanza del concepto de equilibrio químico, lo cual puede estar relacionadas con la naturaleza del concepto, los conocimientos y formas de razonamiento de los estudiantes, evidenciando la pertinencia a la hora de escoger un concepto específico de la química en el contexto de Enseñanza-Aprendizaje-Evaluación, ya que se plasman las dificultades de ser entendido y enseñado tanto por el estudiante como por el profesor. En este sentido, dicho antecedentes proporcionan una literatura importante a fin de monitorear y documentar los razonamientos y acciones de los estudiantes y profesor, cuando los primeros intentan superar las restricciones y los segundos monitorean el proceso a fin de asistirlos en el logro de la meta de aprendizaje.

Planteamiento problema

Durante la última década el campo de la educación en ciencias ha guiado diferentes reformas educativas, tanto en países europeos como latinoamericanos, esto ha sido propiciado por la presión a la que se ve el sistema educativo a fin de cumplir con las expectativas que demandan los procesos de globalización (Paixao & Cachapuz, 1999). Sin embargo, dichas

reformular ha venido presentando dificultades curriculares para la implementación en la escuela primaria y secundaria. Por ejemplo, las metas de aprendizaje de corte constructivista que subyacen a estas reformas aún no se han podido alcanzar. De hecho, en los actuales momentos la orientación que prevalece por lo general en las aulas de ciencias es de perspectiva transmisionista y centrada en los contenidos y el profesor. Por todo esto, se considera que la realización de reformas educativas estimuladas por la competitividad y la globalización de una educación cambiante, encarna desafíos en el desarrollo de cambios significativos concernidos en la estructura y funcionamiento de educación (Guerrero-García, 2011).

Si bien, las actuales reformas en educación en ciencias llevadas a cabo a nivel global y nacional han estado sustentadas por los marcos teóricos y metodológicos provenientes del campo de la educación en ciencias, estas aún no han tenido el efecto presupuestado. Quizás, esta situación se ha dado como consecuencia a que la implementación de estas a nivel del aula de ciencias se encuentra fuertemente influenciada por el sistema de conocimientos, creencias y valores de los profesores. Así, se ha evidenciado que las bases del conocimiento para la enseñanza que fundamentan dicho sistema, no se encuentran alineadas con los principios epistemológicos, filosóficos, sociológicos, y psico-cognitivos que subyacen a las actuales reformas en educación en ciencias (lineamientos curriculares, Estándares Básicos por Competencias, Derechos Básicos de Aprendizaje, entre otros). En estos principios se asume las ciencias como empresas culturales, cuya función se focaliza en la construcción de modelos teóricos dentro de un contexto sociocultural, con el propósito de explicar y predecir los fenómenos naturales (Torres Salas, 2010; Candela, 2016).

Otra restricción en la implementación de las reformas curriculares hace referencia a los factores contextuales a nivel nacional y local (ej., formación y desarrollo profesional docente,

asistencia curricular, infraestructura física y tecnológica, entre otros). Así, éstos se traducen en la falta de apoyo disciplinar, académico y pedagógico que se les debe brindar a los administradores educativos y profesores, con el propósito de que ellos comiencen a sostener y escalar las innovaciones educativas propuestas en las reformas curriculares (Díaz-Barriga Arceo, 2012).

Estas restricciones se han dado como consecuencia a la ruptura existente entre la teoría proveniente de la investigación y la práctica educativa, la cual ha generado la famosa *crisis de la educación en ciencias* (Klopfer, 1983). Naturalmente, esta ruptura se traduce en la divergencia entre el discurso y los hechos, destacando de esta forma el distanciamiento entre la producción de conocimiento y su puesta en práctica en los centros escolares. Por todo esto, los profesores de la escuela primaria y secundaria, por lo general consideran que los marcos teóricos y metodológicos que fundamentan las reformas curriculares no resultan útiles para orientar sus razonamientos y acciones pedagógicas en el aula de ciencias (Álvarez-Álvarez, 2015).

En este sentido, con el propósito de comenzar a disminuir la brecha entre la teoría y la práctica educativa, se ha forjado una línea de investigación basada en el diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje potenciados por las tecnologías digitales. Esta línea de investigación progresista tiene como propósito general dar solución a los problemas referentes a la enseñanza y aprendizaje de contenidos específicos en contextos reales. Para ello, se apoyan en el ciclo iterativo de diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje, el cual tiene como una de sus metas principales conjeturar y contrastar una serie de teorías de dominio específico o prácticas. Estas prescriben los diferentes razonamientos sociocognitivos y acciones inteligentes que deben realizar los estudiantes singulares con el fin de alcanzar determinadas metas de aprendizaje. Igualmente, recomienda una serie de estrategias y modelos de enseñanza que ayuden a andamiar el aprendizaje del contenido específico (Candela, 2016).

Ahora bien, la investigación basada en el diseño (estudios de diseño) es considerada una metodología de investigación del mismo nivel que las perspectivas cualitativas, dado que, a estos dos enfoques los funda los mismos principios de indagación. Por ejemplo, estas dos perspectivas se encuentran direccionadas por un problema de investigación, cuya formulación emerge de la interacción retórica de las teorías generales y sustantivas propias de una de las líneas de investigación del campo de la educación en ciencias. Adicionalmente, la solución a una determinada problemática se materializa en un conjunto de teorías o principios de dominio específico, los cuales prescribe la forma como los estudiantes aprenden un determinado contenido, y las posibles acciones pedagógicas que andamian ese aprendizaje en un contexto real (Candela, 2019).

Los ambientes de aprendizaje diseñados en el marco de los estudios de diseño o investigación basada en el diseño se caracterizan por el uso pedagógico de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como herramientas cognitivas (Candela, 2020). Estas herramientas digitales de carácter cognitivo han comenzado de forma lenta a generar nuevas percepciones y cambios en los siguientes ámbitos: configuraciones de tiempo y espacio de aprendizaje; funciones del profesor; rol del estudiante; y función del currículo de ciencias. De ahí que, en estas nuevas perspectivas la orientación de enseñanza en un alto porcentaje de tiempo debe estar centrada en los estudiantes, y las TIC se las considera como socias cognitivas en el proceso de aprendizaje de un contenido específico. Por supuesto, esta nueva perspectiva facilita el procesamiento y distribución de la información como componente fundamental del modelo pedagógico y disciplinar para el desarrollo y formación, no solo del estudiante sino del profesor (Taquez et al., 2017).

Por su puesto, el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje llevados a cabo en el marco de los estudios de diseño, por lo general, hace uso de las TIC como herramientas cognitivas desde una perspectiva pedagógica. De ahí que, se considere que los diseñadores y profesores quienes diseñan, implementan y evalúan ambientes de aprendizaje de tópicos específicos, deben de haber desarrollado previamente un Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido (CTPC), el cual fundamenta los razonamientos y acciones pedagógicas durante dichos procesos (Candela, 2019). Por su puesto, el CTPC de la química media la toma de decisiones curriculares e instruccionales a lo largo de la planeación y enseñanza de un contenido específico.

Así mismo, en las dos últimas décadas el diseño y la implementación de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos potenciados por las TIC, se encuentran fundamentados por los marcos teóricos y metodológicos provenientes del campo de la educación en ciencias. En otras palabras, la toma de decisiones curriculares e instruccionales (intenciones de diseño), están fuertemente influenciadas por las diferentes teorías alternativas de orden general y específico a la enseñanza y aprendizaje de un contenido, emergidas de los estudios acontecidos durante el desarrollo y consolidación de las líneas de investigación del campo de la educación en ciencias. Definitivamente, los ambientes de aprendizaje diseñados en el marco de los estudios de diseño presentan un fundamento disciplinar, tecnológico y pedagógico.

Por otro lado, los estudios de diseño han comenzado a ser considerados una gran sombrilla, la cual cubre una amplia gama de perspectivas de diseño instruccional (Candela, 2016). Por ejemplo, en el contexto anglosajón se encuentran perspectivas de diseño instruccional como: progresiones de aprendizaje, secuencias de enseñanza y aprendizaje, corredores conceptuales, Objetos de Aprendizaje, entre otras. Desde luego, estos enfoques de diseño

comparten principios referentes al diseño (p., ej., diseño, implementación, evaluación), pero, también, presentan diferencias las cuales les da la identidad a éstos. Por lo general, la diferencia se encuentra en el instrumento metodológico utilizado para direccionar la toma de decisiones curriculares e instruccionales, las cuales dan origen a las teorías de dominio específico.

Conviene subrayar que, en los últimos años las políticas educativas colombianas se han comenzado a alinear con las metas curriculares e instruccionales que fundamentan a los estudios del diseño de ambientes de aprendizaje, como una heurística que probablemente ayude a los estudiantes, no sólo a comprender los fenómenos naturales, sino, también, a lograr las nuevas alfabetizaciones que demanda la sociedad del conocimiento. Para ello, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en el año 2014 toma la decisión de encomendar a varias universidades del contexto nacional el diseño y desarrollo digital de Objetos de Aprendizaje (OA) potenciados por las TIC en las áreas de las ciencias naturales, matemáticas y lenguaje (Garay-Talero et al., 2019).

Conviene destacar que, la perspectiva del diseño instruccional del Objeto de Aprendizaje (de aquí en adelante OA) presenta una serie de acepciones en el ámbito de la investigación del diseño. Sin embargo, este estudio se adhiere a las conceptualizaciones realizadas por Garay-Talero et al.(2019) y el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2009), las cuales afirman que los OA son ambientes de aprendizaje de contenidos específicos potenciados por las TIC, cuya secuencia de actividades de aprendizaje que representan el fenómeno natural en cuestión, están fundamentadas por las teorías de dominio específico que provienen de la toma de decisiones curriculares e instruccionales.

Por su puesto, estos ambientes de aprendizaje u OA se caracterizan por ser reutilizables, autocontenibles, adaptables, generativos y escalables. Adicionalmente, los OA están configurados por los siguientes elementos: *contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización*, que representan la toma de decisiones curriculares e instruccionales formuladas por el diseñador y desarrollador del OA.

Por otra parte, en los últimos años el proceso de diseño de ambientes de aprendizaje potenciados por las TIC, y fundamentados disciplinar y pedagógicamente ha crecido ostensiblemente a nivel global y nacional, sin embargo, se continúa adoleciendo de la implementación y evaluación de esta clase de ambientes de aprendizaje. Desde luego, esta restricción actualmente se presenta en el contexto colombiano donde se ha diseñado un alto número de OA de las ciencias, pero no se ha documentado la implementación y evaluación formativa de esta clase de material instruccional. Por su puesto, la implementación y evaluación de los OA de las ciencias diseñados en Colombia, brinda la posibilidad de contrastar las teorías de dominio específico que subyacen la toma de decisiones curriculares e instruccionales, la cual fundamenta el diseño y desarrollo de las secuencias de actividades de aprendizaje que configuran la lección en consideración.

Por todo esto, a nivel global y local los miembros del campo de la educación en ciencias se les ha generado la necesidad de implementar y evaluar los ambientes de aprendizaje proveniente de las diferentes perspectivas de diseño en contexto reales de aprendizaje. Naturalmente, esta situación se da como consecuencia a la necesidad de construir teorías que describan de manera vicaria la forma como los estudiantes aprenden los contenidos de las ciencias y en particular de la química, en conjunción con los razonamientos y acciones

pedagógicas que el profesor utiliza con el ánimo de andamiar dicho aprendizaje (Candela & Reyes, 2018).

Por supuesto, el ciclo iterativo de diseño, implementación y evaluación de los OA del currículo de la química, generaría una serie de teorías de dominio específico referentes a la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos químicos. Desde luego, dichas teorías tendrían una validez ecológica, como consecuencia a que provienen de la implementación del OA en un ambiente natural. Adicionalmente, estas teorías podrían ser utilizadas por los diseñadores y profesores durante la planeación y enseñanza de otros contenidos de la química.

En este sentido, la implementación y evaluación del OA titulado, *¿en qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio químico?*, suministraría unas teorías prácticas acerca de cómo los estudiantes pueden comenzar a superar las dificultades y concepciones alternativas con la que llegan al aprendizaje del equilibrio químico. Probablemente, las teorías de dominio específico referente al equilibrio químico que provienen del ciclo iterativo de diseño, orientarán los razonamientos y acciones pedagógicas de los profesores en el aula, con el fin de ayudar a los estudiantes a superar las siguientes dificultades en el aprendizaje de este contenido: diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química (macroscópico, submicroscópico y simbólico); alto nivel de abstracción del contenido del equilibrio químico; y conceptualización de las entidades y procesos que subyacen al equilibrio químico desde una perspectiva continua de la materia (Candela, 2020).

Por supuesto, el ciclo iterativo de diseño del OA del equilibrio químico juega un papel muy importante en el proceso de enculturación de los estudiantes. De hecho, la comprensión del fenómeno del equilibrio químico ayuda a los estudiantes en el aprendizaje de fenómenos

relacionados con las reacciones químicas reversibles, las cuales caracterizan la gran mayoría de los procesos metabólicos en los seres vivos. Desde luego, que dicha situación de aprendizaje se encuentra relacionada con un interés básico de los sujetos, la salud. De ahí que, se considere la comprensión del equilibrio químico como un fenómeno estructurante del currículo de la química (Garay-Talero et al., 2019).

Si bien, el diseño del OA juega un papel muy importante en el proceso de ayudar a andamiar el aprendizaje de la cinética química, éste no resulta suficiente como consecuencia a que es únicamente una hipótesis o conjetura. En este sentido, se hace necesario contrastar dicha hipótesis en un escenario de enseñanza real, en el cual convergen múltiples variables independientes y dependientes que resultan imposibles de controlar. Desde luego, la implementación y evaluación del OA de aprendizaje *¿en qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio químico?*, brindarían una información importante acerca de cómo los estudiantes logran aprender el contenido del equilibrio químico, junto a cómo el profesor puede ayudar andamiar este aprendizaje. Ya que las actividades que se desarrollaron son basadas solamente la parte teórica, dependiendo la mayoría del tiempo de los libros de texto, que ha dado como resultado en los estudiantes desarrollen una conducta pasiva, convirtiendo la clase de química en una acumulación de información, dejando a un lado los espacios de creatividad, crítica y de análisis de lo observado en dicha clase.

Tomando en consideración los anteriores presupuestos se formula una pregunta de investigación de carácter general, de la cual se destila dos preguntas orientadoras de indagación:

Pregunta de investigación general:

¿Qué consecuencia tiene la implementación del OA bajo consideración en el aprendizaje del fenómeno del equilibrio químico en los estudiantes de grado décimo?

Preguntas orientadoras de indagación

¿En qué forma las intenciones de diseño representadas en el OA fueron implementadas?

¿Cuáles fueron las metas de aprendizajes referentes al equilibrio químicos alcanzadas por los estudiantes de grado décimo?

CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA

El marco teórico de esta investigación se encuentra configurado por un conjunto de teorías sustantivas, las cuales permiten formular y sustentar el problema de investigación abordado en este estudio. Adicionalmente, dichos presupuestos teóricos direccionan tanto la recolección de la base empírica, como la generación de una teoría de carácter naturalístico que le da solución al problema bajo consideración. En este sentido, el marco teórico de referencia está configurado por las siguientes teorías sustantivas: los estudios de diseño como una metodología de investigación novedosa, los principios de diseño, las teorías del diseño instruccional, la coherencia curricular factor clave en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, los Objetos de Aprendizaje, y las dificultades para el aprendizaje del fenómeno del equilibrio químico.

Los estudios de diseño como una metodología de investigación novedosa

Los estudios de diseño parten de una amplia comprensión de la ecología del aprendizaje, a la cual la subyace una serie de problemáticas referentes al proceso de enculturación de los estudiantes. La investigación en educación en ciencias ha determinado que dichos problemas son

generados por la ruptura entre la teoría que proviene de la investigación y la práctica educativa llevada a cabo en las escuelas.

Los investigadores del campo de la educación en ciencias con el ánimo de ayudar superar la anterior restricción le dan origen a la línea de investigación de los estudios de diseño. Esta tiene como meta curricular central diseñar, implementar y evaluar ambientes de aprendizaje de contenidos específicos potenciados por las TIC en contextos reales. Dicho ciclo iterativo de diseño genera una serie de teorías de dominio específico o teorías prácticas, las cuales tiene como intención comprender las estrategias pedagógicas a nivel de procesos individuales y sociales que ayudan al estudiante en la internalización de los productos y procesos de las ciencias. Por supuesto, el proceso de construcción de esta teorías-prácticas se encuentra fundamentado por marcos teóricos de orden disciplinar, pedagógico y tecnológico provenientes del campo de investigación de la educación en ciencias. Estos marcos teóricos se materializan a través de la toma de decisiones curriculares e instruccionales en cuya estructura se encuentran representados los elementos de la enseñanza de un contenido específico, a saber: metas de aprendizaje, justificación de la enseñanza de un contenido, dificultades/concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes al aprendizaje del contenido, recursos analógicos y digitales alineadas con las metas y dificultades de aprendizaje, formar específicas de evaluar el nivel de comprensión de los estudiantes, y estrategias y modelos de enseñanza (Candela, 2019).

Por otro lado, los estudios de diseño en el campo de la educación en ciencias han comenzado a ser considerados una metodología de investigación, como consecuencia a que éstos permiten la formulación de un problema, la enunciación de hipótesis, la creación de diseño metodológicos, la construcción de artefactos curriculares, y la producción de teorías de dominio específico. Desde luego, esta metodología de investigación se encuentra en coherencia con la

perspectiva de investigación cualitativa e interpretativa, dado que, el diseño e implementación de un ambiente de aprendizaje se lleva a cabo en un escenario natural y situado, en el cual resulta imposible controlar el alto número de variables que estructuran la dinámica de éste. De ahí que, se considere que la teoría específica o práctica producidas a través del ciclo iterativo de diseño, implementación y evaluación es de carácter naturalístico y situado.

Adicionalmente, la línea de investigación de los estudios de diseño ha generado ambientes de aprendizaje de contenidos específicos potenciados por las TIC. Desde luego, estas herramientas sociocognitivas son integradas al ciclo iterativo del diseño, implementación y evaluación desde argumentos pedagógicos. Es decir, esta perspectiva de investigación considera que las TIC son herramientas sociocognitivas, las cuales ayudan a distribuir la demanda cognitiva que subyace a la comprensión de los diversos fenómenos naturales que configuran el currículo de las ciencias. En este sentido, las potencialidades que encarnan a las TIC permiten representar los contenidos abstractos de las ciencias a fin de que el estudiante comiencen a identificar y diferenciar de forma progresiva los niveles de representación macroscópicos, submicroscópico y simbólicos de estas disciplinas.

Por todo esto, los eruditos de la línea de los estudios de diseño afirman que la construcción de los ambientes de aprendizaje potenciados por las TIC, los fundamentan los siguientes tres principios:

Principios de la investigación del diseño

Los investigadores en el campo de la educación en ciencias han concluido que este tipo de investigación demandan de un equipo de trabajo comprometido, esto debido a que los estudios de diseño requieren de un compromiso tanto intelectualmente como de orden

cronológico. En este sentido, el proceso de diseño, implementación y evaluación de un ambiente de aprendizaje, en lo posible debe estar bajo la orientación y apoyo de investigadores y profesores, quienes utilizan metodologías de investigación de carácter mixto (cualitativa y cuantitativa), ayudando así a la subsanación de la ruptura existente entre la teoría generada en la investigación y las prácticas del diseño y la enseñanza (Candela, 2019).

Para tal motivo, se han elaborado unos principios de diseño, cuya función es la de servir de guía a los profesores e investigadores durante el ciclo de diseño, a saber:

Principios del diseño de ambientes de aprendizaje.

De acuerdo con la literatura, se entiende como principio de diseño al proceso reflexivo a través del cual se llevan a cabo la toma de decisiones curriculares e instruccionales, las cuales orientan la creación y puesta en escena de una secuencia de actividades de aprendizaje que representan las principales ideas que subyacen la comprensión de un determinado fenómeno natural. Desde luego, este principio incluye declaraciones sobre el qué (sustantivo) y el cómo (metodológico) de las intervenciones en el aula, ofreciendo explicaciones teóricas y fundamentos empíricos a fin de justificar estas afirmaciones de conocimiento (Plomp, 2013). Por todo esto, la investigación centrada en el diseño ha venido proponiendo una estructura en el desarrollo de los ambientes de aprendizaje de contenidos específicos, la cual se encuentra conformado por la articulación entre el conjunto de elementos y actividades de aprendizaje secuenciadas, dando fruto a un artefacto curricular con coherencia intra e intercurricular (Romero-Ariza, 2014), aspecto fundamental en el aprendizaje de un tópico específico.

- Selección de un tópico o concepto generativo.
- Descomposición y secuenciación del tópico seleccionado.

- Formulación de las metas de aprendizaje.
- Diseño de las estrategias de enseñanza de acuerdo con las metas de aprendizaje.
- Diseño y secuenciación de actividades de aprendizaje que recojan cada una de las ideas que configuran al tópico.
- Diseño de las estrategias de evaluación formativa.

Principios de la implementación de ambientes de aprendizaje

Una de las fases claves en el estudio de diseño, es la implementación del material de enseñanza, ya que su ejecución depende del contexto o situación de enseñanza y aprendizaje, esto posibilitando la visualización de puntos críticos del diseño y como estos interactúan en un contexto particular, siendo cada implementación diferente, ya que esta depende de las características del contexto en el que se lleve a cabo. De ahí que, resulta importante la implementación ya que esta posibilita la evaluación de los diferentes elementos que constituyen el material de enseñanza, desde luego, durante esta fase los investigadores y profesores trabajan colaborativa y cooperativamente, en la detención de las debilidades y fortalezas del material de enseñanza producto de las teorías de dominio específico(Candela, 2019).

Conviene mencionar que, en la implementación algunos elementos del diseño son puestos en juego en el aula más o menos como los diseñadores lo plantearon, en cambio otros no son considerados por el docente dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje. Naturalmente, estas decisiones dependen del sistema de conocimientos, creencias y valores del docente, quien lleva a cabo la enseñanza tomando en cuenta las características del contexto (Candela, 2019).

Principios de la evaluación de ambientes de aprendizaje

El principio de evaluación surge ante la necesidad de metodologías que permitan obtener argumentos basados en la evidencia procedente de la implementación de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos (p. ej., OA). Así pues, esta implementación permite contrastar las teorías de dominio específico o teorías prácticas referentes a cómo enseñar y aprender determinado contenido previamente conjeturados, con un rango de datos empíricos.

Steffe & Thompson (2000) con respecto a la evaluación reafirman que la calidad del estudio hace referencia a la validez de los resultados y, ante todo, destacan la necesidad de que los investigadores en educación en ciencias que realizan implementación de ambientes de aprendizaje justifiquen sus afirmaciones e interpretaciones y aporten evidencias que las apoyen dicha investigación.

Por todo esto, en el caso de esta investigación la recolección de la evidencia empírica y su análisis se centra en la interpretación de aquellas acciones de significado llevadas a cabo por los estudiantes y profesor a lo largo de la puesta en escena de la secuencia de actividades de aprendizaje que configuran el OA en consideración. Desde luego, estas acciones en lo posible deben estar estrechamente vinculadas con las Características Claves del Diseño, con el fin de establecer una relación entre las intenciones de diseño conjeturadas, las acciones llevadas a cabo y las metas de aprendizaje alcanzadas (Candela & Reyes, 2018).

En este sentido, la evaluación formativa del OA implementado en este trabajo de investigación se encuentra orientada por el modelo de efectividad adaptado por Alzaghibi, (2010) desde Millar et al.(2002) (Véase figura 1). Éste permite identificar, obtener y suministrar información descriptiva acerca de la relación tripartita entre las intenciones de diseño que

fundamentan el OA, las actividades realmente implementadas y los aprendizajes alcanzados por los estudiantes.

Figura 1. Modelo de evaluación de la secuencia de enseñanza

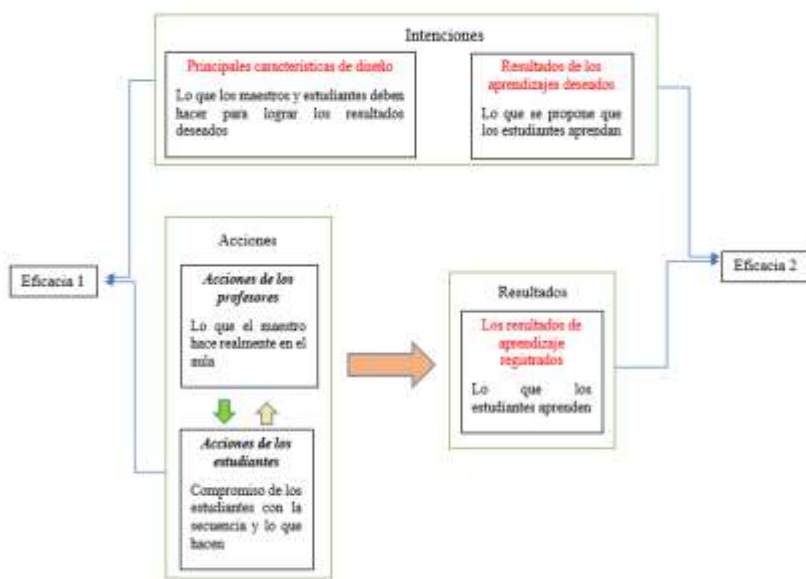


Figura 1. Modelo de evaluación de la secuencia de enseñanza - ampliado de Millar (2002) por Alzaghbi (2010)
Fuente: Alzaghbi (2010)

Teorías del diseño instruccional

Las teorías del diseño instruccional son un cuerpo teórico y metodológico que promueve el logro de metas y objetivos educativos en la enseñanza de un tópico específico. El diseño instruccional toma como base teorías y modelos de las ciencias de la educación llevando a la práctica estrategias de aprendizaje orientadas a lograr las metas y objetivos educativos planteados en el curriculum, ya que brinda a los estudiantes las bases teóricas necesarias en su proceso de aprendizaje y en el desarrollo de esquemas de pensamiento de orden superior.

Hay que recordar que dichas teorías difieren de las teorías del aprendizaje y del currículo, ya que las teorías del diseño instruccional se centran en como alcanzar las metas de aprendizaje y

las segundas describen como los estudiantes aprenden, sin embargo, aun cuando haya francas diferencias entre sí, también es cierto que están interrelacionadas (Turrent-R, 2004).

De esta manera, las teorías del Diseño Instruccional (en adelante DI) han generado una serie de teorías instruccionales, las cuales están divididas por dos generaciones, a saber, la primera generación del diseño instruccional (DI1) tiene su origen en el enfoque conductista del aprendizaje, considerando al profesor como el portador del conocimiento, y, la segunda generación del diseño instruccional (DI2) están enmarcadas en un contexto educativo diferente, pues son otras las necesidades formativas y avances en el campo de la educación en ciencias. Éstas al contrario de las (DI1), las permea en una mayor proporción las teorías de aprendizaje de orden constructivista (Garay-Talero & Reina-Gamboa, 2016).

Ahora bien, las teorías de diseño instruccional de primera generación (DI1) han evolucionado a las (DI2), cuyos presupuestos teóricos y metodológicos los subyacen unas teorías de aprendizaje sociocultural. Dichas teorías fundamentan el diseño y la implementación de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos, focalizados en andamiar el proceso de enculturación científica de los estudiantes de la escuela primaria y secundaria. Para ello, la toma decisiones curriculares e instruccionales se encuentra fundamentada por la teoría que proviene de la investigación educativa y la sabiduría que otorga la experiencia reflexiva (Perkins & Unger, 1999). Así pues, los principios instruccionales que ellos proponen dan directrices de cómo lograr un diseño que logre obtener un conocimiento de la enseñanza y aprendizaje (Perkins & Unger, 1999).

Finalmente, se destaca que los principios epistemológicos, pedagógicos y metodológicos que configuran las DI2, se encuentran alineados con los presupuestos disciplinares, pedagógicos y curriculares que fundamentaron el diseño y desarrollo de los OA de ciencias en el contexto

colombiano. Por todo esto, se considera pertinente representar de forma sucinta dichos principios de las DI2.

Principales características de las teorías de diseño instruccional de segunda generación

Las teorías de diseño instruccional de segunda generación por su naturaleza prescriptiva configuran y desarrollan las bases de métodos instruccionales, los cuales están alineados con las metas de aprendizaje planteadas, favoreciendo el desarrollo en los procesos de enseñanza-aprendizaje (Garay-Talero & Reina-Gamboa, 2016). Por tanto, dichas teorías tienen en cuenta los diferentes tipos de aprendizaje que se pretenden fomentar, con el fin de lograr los objetivos de aprendizaje propuestos (Reigeluth, 1999). Por ejemplo, la teoría instruccional denominada *Uno*, formulada por Perkins, 1992 resalta que a fin de alcanzar una comprensión profunda del fenómeno estudiado se requiere que el profesor lleve a cabo las siguientes acciones: la enseñanza a través de un aprendizaje cognitivo requiere de:

- Información clara de las descripciones, objetivos, conocimientos a aprender y de los resultados esperados.
- Una práctica reflexiva que brinde la oportunidad para que los estudiantes participen de manera activa y lleven a cabo proceso de razonamiento que le permitan aprender un contenido específico.
- Retroalimentación informativa, con el fin de monitorear el nivel de comprensión, confusión y compromiso.
- Fuerte motivación intrínseca o extrínseca. Es decir, actividades que sean ampliamente significativas, ya sea porque son muy interesantes y atractivas en sí mismas, o bien, porque tuvieron en cuenta logros obtenidos por el o los estudiantes.

Por tal motivo, las teorías de diseño instruccional de segunda generación proveen de una visión del proceso instruccional sugiriendo métodos, medios y procedimientos que buscan encontrar nuevas alternativas para apoyar a los agentes educativos en el proceso de enseñanza-aprendizaje. No obstante, se considera necesario precisar las cinco características comunes que poseen estas teorías de acuerdo con Reigeluth (1999), dichas características son:

- Orientadas al diseño.
- Compuestas por métodos y situaciones.
- Sus métodos están conformados por componentes específicos.
- Sus métodos son de carácter probabilístico.
- Reconocen la importancia del sistema de creencias y valores.

A continuación, se explica brevemente cada una de estas características

Orientadas al diseño: Esta característica de las teorías de diseño instruccional de segunda generación se enfocan en los medios que posibilitan alcanzar las metas propuestas, por tal motivo, se orienta en facilitar el aprendizaje. Por ello, se reconoce su naturaleza prescriptiva, al configurar y desarrollar la selección de qué método o métodos de enseñanza utilizar para conseguir una determinada meta de una forma positiva, haciendo uso de las teorías del aprendizaje y del currículo. Es por esto, que dicha naturaleza convierte a las teorías de diseño en elementos importantes para los profesores y diseñadores, al proponer una alineación clara de cómo lograr las metas de aprendizaje propuestas (Reigeluth, 1999).

Compuestas por métodos y situaciones: dichas teorías se componen esencialmente por: métodos y situaciones. Donde el método ofrece los fundamentos necesarios para facilitar el aprendizaje y el desarrollo. Por otra parte, las situaciones de enseñanza dan las indicaciones de

cuándo implementar dichos métodos (Reigeluth, 1999). Evidenciando que los métodos poseen una naturaleza situacional, no universal, por tal motivo, estos pueden funcionar mejor en una situación que en otra, a pesar de ostentar las mismas metas u objetivos.

Sus métodos están conformados por componentes específicos: Esta característica apunta a que los métodos de enseñanza pueden desarrollarse de diferentes maneras, al constituirse por diversas características (Reigeluth, 1999). Para entender mejor esta idea, se retoma lo mencionado al respecto de la Teoría Uno, donde Perkins (1995) señala que uno de sus métodos es Información clara, el cual cuenta con los siguientes componentes:

- Identificación de las metas de aprendizaje
 - Seguimiento y orientación en el alcance de las metas
 - Ejemplificación de los conceptos tratados
 - Demostración
 - Relación de los conocimientos nuevos con los antiguos, desde la contextualización.
- Legitimación de un nuevo concepto o procedimiento mediante principios ya conocidos por los estudiantes, con confrontaciones entre las representaciones.

Sus métodos son de carácter probabilístico: Esta es una de las características que más debe destacarse de las teorías del diseño instruccional, al definir que los métodos de enseñanza que las orientan son de carácter probabilístico. Dicho de otra forma, estos métodos no son deterministas, lo cual no garantiza que los sujetos logren el aprendizaje, pero aumentan las posibilidades de que lo haga (Reigeluth, 1999).

Es importante anotar que dichos métodos aumentan apreciablemente las posibilidades de lograr los resultados de enseñanza deseados. Así mismo, resulta imposible establecer la eficacia de un método de enseñanza, ya que hay una variedad de factores que influyen en ello (Reigeluth, 1999). Por esta razón, la intención de las teorías del diseño instruccional es orientar con el motivo de poder alcanzar las metas propuestas.

Reconocen la importancia del sistema de creencias y valores: para las teorías del diseño instruccional el sistema de valores y creencias juegan un papel esencial en el proceso reflexivo a través del cual se llevan a cabo la toma de decisiones curriculares y de enseñanza. En ese mismo contexto, este sistema afecta la toma de decisiones por parte del profesor o diseñador respecto a metas de aprendizaje, debido a que se toman dichas decisiones teniendo en cuenta cuáles son las más convenientes para fortalecer el proceso de aprendizaje y desarrollo de los estudiantes (Reigeluth, 1999). Es decir, dichas decisiones no son basadas solamente en las necesidades educativas del estudiante, sino, también, se piensa en el estudiante, en sus creencias y valores los cuales andamian la construcción del ambiente de aprendizaje cumpliendo una función importante dentro de este, ya que, estas ayudan en la transformación del currículo estatal en un currículo planeado.

Así mismo, teniendo en cuenta las metas de aprendizaje planteadas, el profesor podrá elegir el método de enseñanza que mejor se acople a dicha función. Esta elección dependerá de los criterios del diseñador, los cuales son utilizados por este para valor el diseño y la implementación de los ambientes de aprendizaje y se reflejan en las creencias y valores que poseen los profesores o diseñadores (Reigeluth, 1999).

En conclusión, las teorías del diseño instruccional de segunda generación se les puede atribuir su interés por guiar los procesos de enseñanza y aprendizaje, donde sobresale el interés

que el profesor pone en la toma de decisiones curriculares y de enseñanza al momento de fijar las metas de aprendizaje tenido en cuenta plan de área, la selección y organiza las actividades de aprendizaje que serán objeto de implementación, esto sujeto al sistema de conocimientos valores y creencias y el contexto institucional. Permitiendo enfocar el interés en aspectos como: la naturaleza de lo que se va a enseñar; los intereses, las dificultades de aprendizaje y las concepciones alternativas de los estudiantes; las características del contexto; los materiales educativos requeridos; y el sistema de creencias y valores de los diseñadores, admitiendo así que el proceso educativo es dinámico.

Coherencia curricular como principio de diseño

En el diseño de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos la coherencia curricular es un elemento transcendental, ya que, este fundamenta la relación intra e intercurricular de los aspectos disciplinares, pedagógicos, didácticos y tecnológicos que fundamentan la toma de decisiones curriculares. En este sentido, la coherencia intra curricular se traduce en la relación deliberada que el diseñador logra establecer entre elementos de la enseñanza, tales como: metas de aprendizaje, dificultades/concepciones alternativas de los estudiantes, intereses y necesidades de los estudiantes, estrategias y modelos de enseñanza, recursos curriculares, formas específicas de evaluar el nivel de comprensión y secuencia de actividades de aprendizaje. Por lo que se refiere a la coherencia intercurricular, esta hace referencia a la relación intencionada que debe existir con otras lecciones dentro o a lo largo de los distintos grados de escolaridad, con fin evidenciar el apoyo al aprendizaje que pueden dar otras lecciones, o el apalancamiento que la lección diseñada daría para poder comprender otros fenómenos naturales estudiados.

En este sentido la coherencia curricular considera tres aspectos primordiales a tener en cuenta: el primero, la secuenciación de las ideas esenciales para comprender los tópicos científicos a enseñar; el segundo, la profundidad con la que son estudiados estos tópicos dentro y a través de los grados; y, tercero: su alineación a las metas de aprendizaje que se hayan definido Schmidt et al.(2005). De tal forma, podemos decir que un ambiente de aprendizaje muestra coherencia curricular cuando este presenta un sentido de unidad e interconectividad en los distintos aspectos lógicos que lo integran, permitiendo que los estudiantes establezcan la integración de experiencias educativas en sus esquemas de significado, lo que a su vez amplía que este les permita explicar y predecir fenómenos naturales de su entorno (Candela, 2016)

Por tal motivo, la coherencia curricular en los ambientes de aprendizaje es considerada como uno de los principios de diseño inherente para el correcto desarrollo y logro de las metas de enseñanza y aprendizaje (Schmidt et al., 2005). Sin embargo, existen dificultades notables por superar en el diseño curricular. Kesidou y Roseman (2002), y Stern y Roseman (2004) es el principal principio del diseño de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos, de hecho, de este depende en gran parte que los estudiantes logren construir una comprensión del fenómeno natural estudiando. Por supuesto, la coherencia curricular se traduce en la formulación de una serie de teorías de dominio específico o teorías prácticas, las cuales son generadas gracias a la reflexión práctica sobre las diferentes formas cómo un estudiante singular puede aprender un contenido específico, junto las estrategias y modelos de enseñanza más apropiados para andamiar dicho aprendizaje (Schmidt et al., 2005).

Kesidou & Roseman (2002) y Stern y Roseman (2004) afirman que los ambientes de aprendizaje con coherencia curricular, ayudan a superar las siguientes tres restricciones que presentan los materiales de enseñanza que adolecen de coherencia curricular: la primera se

refiere a un currículo sobrecargado de temas, el cual no se reajusta coherentemente con las metas de aprendizaje, las actividades de aprendizaje, las estrategias curriculares y de evaluación de acuerdo con la edad del estudiante; la segunda, hace mención a la disociación y segmentación de las ideas esenciales de la ciencia, y su relación dentro y a lo largo de los grados; y, la tercera, manifiesta la no consideración de las creencias ni las concepciones alternativas de estudiante respecto a los conceptos abordados en el aula de clase.

De ahí que se evidencie la necesidad de una transformación en el diseño de los ambiente de aprendizaje, los cuales guíen al estudiante en el aprendizaje y la comprensión conceptual de los tópicos que fundamentan el currículo de las ciencias. Para lograr esto, los ambientes de aprendizaje deben demostrar coherencia entre los elementos de la enseñanza, tales como: metas de aprendizaje; ideas centrales de la ciencia; prácticas científicas; conceptos transversales; dificultades de aprendizaje y concepciones alternativas de los estudiantes, estrategias de enseñanza y de evaluación (Roseman, Linn & Koppal, 2008).

Por otro lado, la investigación en el campo de la educación en ciencias ha determinado que la coherencia curricular se expone en distintos horizontes, todos con la misma importancia para el diseño, la implementación y evaluación de un ambiente de aprendizaje sobre un concepto de las ciencias. Entre los niveles de coherencia curricular evidenciados se destacan: a) coherencia en las metas de aprendizaje; b) coherencia intracurricular entre el contenido, las metas de aprendizaje, las prácticas científicas y las actividades de aprendizaje; c) coherencia intercurricular que da soporte a las conexiones multidisciplinarias y las dependencias; d) coherencia en los estándares de contenido; e) coherencia en la evaluación; f) coherencia en el lenguaje; y, g) coherencia en el material de enseñanza. Cabe señalar, que los distintos niveles de

coherencia curricular manifiestan sus propios desafíos, que deben asumirse en correlación a las necesidades determinadas de cada entorno (Candela, 2016).

Objetos de aprendizaje

En la actualidad las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) están forjando un nuevo camino en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las diversas áreas del conocimiento a nivel educativo. En ese sentido las TIC se han convertido en una herramienta cognitiva esencial en el diseño, desarrollo e implementación de nuevos ambientes de aprendizaje, promoviendo nuevas estrategias y formas de enseñanza que enriquecen y fortalecen el proceso educativo (Wiley, 2000).

Por tanto, las TIC se han vuelto una herramienta esencial en la construcción y desarrollo de ambientes de aprendizaje, los cuales demandan de novedosas estrategias de enseñanza y aprendizaje que permitan la evolución de los procesos educativos, aprovechando los atributos de estas tecnologías (De Roux-Rengifo, 2009). En ese sentido, se han comenzado a considerar las teorías del diseño instruccional de segunda generación en la producción de material educativo con apoyo de las TIC. Dicho contenido educativo está siendo nombrado por los diseñadores como Objetos de Aprendizaje (OA), debido a su potencial de reutilización, generatividad y adaptabilidad (Hodgins, 2000; Urdan & Weggen, 2000, citado por Wiley, 2000).

Cabe mencionar que, desde hace varios años en Colombia, a través del Ministerio de Educación Nacional (MEN), se vienen promoviendo políticas en la educación relacionadas con el fortalecimiento de estrategias de diseño, construcción y gestión de contenidos basados en OA. Por ejemplo, la política “Educar con pertinencia e incorporar innovación en la educación”, promueve proyectos de elaboración, uso y apropiación de los OA como estrategia en los

procesos de enseñanza y aprendizaje de los diferentes niveles educativos, con la participación de distintas instituciones de educación superior (De Roux-Rengifo, 2009; MEN, 2012).

De esta manera, a continuación, se exponen algunos aspectos relevantes para tener en cuenta sobre los objetos de aprendizaje: origen, concepto, características, y el rol que tienen las teorías del diseño instruccional en ellos.

Concepto y características de los objetos de aprendizaje

Según el MEN (2012) un objeto de aprendizaje es un material estructurado de una forma significativa, asociado a un propósito educativo, que responde a un conjunto de recursos de carácter digital, constituido por tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. El objeto de aprendizaje debe tener una estructura de información externa (metadatos) que facilite su almacenamiento, identificación y recuperación.

Feria-Marrungo & Zuñiga-Lopez (2016) dice que los Objetos de Aprendizaje son entidades digitales encaminadas a lograr el aprendizaje de una competencia, que se configuran didácticamente con objetivos, metodología, contenidos y evaluación. Ahora bien, su diseño debe cumplir con los aspectos propios de la disciplina o ciencia que se estudia y con coherencia intra e intercurricular. En ese sentido, los objetos de aprendizaje se encuentran alojados en bancos o repositorios, tales como Colombia Aprende, donde se encuentran disponibles para cualquier persona que esté interesada en aprender o profundizar acerca de un tema específico, es por ello que es muy utilizado y popular entre estudiantes y profesores. Algunas de las características y ventajas que este tipo de ambientes de aprendizaje presentan son:

- ❖ Se usa múltiples contextos, debido a su facilidad de actualización, gestión de contenido y búsqueda, esto último gracias al empleo de metadatos.
- ❖ Posibilita cambios en las secuencias y otras formas de contextualización de contenidos, lo que permite una combinación y recombinación según las necesidades formativas de usuarios.
- ❖ Posibilidad de entregarlos en módulos, potencia su distribución y recombinación.
- ❖ Se adapta a los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes.
- ❖ Tiene la capacidad de ser usado en contextos y propósitos educativos diferentes y se adapta a nuevas secuencias formativas.
- ❖ Cuentan con una buena vigencia de la información, sin necesidad de nuevos diseños.

Ventajas y desventajas de los objetos de aprendizaje (OA).

Belloch (2009) menciona que “el impacto de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) sobre la educación, propicia posiblemente uno de los mayores cambios en el ámbito de la Educación”. Por lo cual, es necesario comenzar a plantearse una educación para un nuevo siglo donde los cambios a nivel tecnológico permiten diferentes posibilidades, y muchas de ellas se pueden vincular dentro del espacio educativo.

Por consiguiente, la posibilidad de utilizar los OA en el campo educativo dependerá de la visión y reflexión del profesor en cuanto a esta nueva forma de enseñanza, esto debido a que no se trata de usar unos medios físicos para repetir lo mismo, sino de buscar ir más allá. Esta

situación implica hacer un uso deliberado de las TIC como herramientas de construcción de conocimiento desde argumentos pedagógicos.

Teniendo en cuenta lo anterior, la adopción de los OA en la educación refleja algunas ventajas y desventajas pedagógicas (véase tabla 1).

Tabla 1. Ventajas y desventajas de hacer un uso pedagógico de los OA

Ventajas para el profesor	Desventajas para el profesor
Evita la necesidad de recrear los recursos existentes.	Falta de experiencia en producción de e-learning.
Diseño y proceso de desarrollo consistentes.	Necesita contar con recursos tecnológicos.
Facilita la búsqueda de contenido existente.	Falta de experiencia en el uso de los en el proceso de instrucción.
Reutilizables en diferentes contextos educativos.	Falta de experiencia en la evaluación de los OA.
Estandariza contenido para un uso extendido.	Requiere tecnología de información, incluyendo acceso a internet de banda ancha y un sistema de gestión del aprendizaje

Fuente: Adaptada de Ruiz et al.(2008)

Ahora bien, los Objetos de Aprendizaje no solo centran su atención en el profesor y el proceso de enseñanza, sino, también, en la construcción de aprendizaje, dándole sentido a las nuevas experiencias que experimenta el estudiante en el proceso de construcción de conocimiento mediante las interacciones que estos tengan con los recursos electrónicos en el aula

de clase (Hernandez et al., 2014). Se destacan algunas ventajas y desventajas en dicho proceso, como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 2. *Ventajas y desventajas de hacer un uso pedagógico de los OA*

Ventajas para los estudiantes	Desventajas para los estudiantes
La apariencia de los recursos instruccionales promueve la comodidad.	Falta de familiaridad con el proceso de instrucción.
Disponibilidad "Just-in-time".	Disponibilidad limitada.
Sirve para una variedad de estilos de aprendizaje e individualiza la educación.	Requiere que el estudiante desarrolle un nivel de comodidad con el computador como herramienta de instrucción.

Fuente: Adaptada de Ruiz et al. (2008)

Por lo tanto, el proceso de diseño de un material de enseñanza basado en OA debe comprender tanto el aspecto pedagógico como el de diseño. Desde esta perspectiva, se deben considerar los procesos de enseñanza y aprendizaje, la interacción y el contenido, definiendo el qué y el cómo, con el objetivo de lograr interfaces agradables y armónicas (Rosanigo y Bramati, 2008). Para ello, es necesario tener en cuenta los pasos detallados a continuación.

El primer paso, se focaliza en la realización de un análisis sobre las necesidades del público al cual va dirigido dicho material, es decir, conocer las características de los usuarios, a quién va dirigido el material, si va a contener diferentes disciplinas o se a especializar en un tema o concepto en concreto, cuáles son las necesidades de aprendizaje y qué tipo de actividades deben realizar para lograr dicha meta. Este análisis tiene como propósito el de desarrollar un OA que cumpla con los objetivos planteados y sea de interés para los posibles usuarios. Para realizar el análisis, se deberá responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Qué habilidades, preferencias y actitudes tienen los usuarios a quienes irá dirigido el OA?

- ¿Qué conocimientos previos requiere el usuario?
- ¿Qué nivel de estudios, en general, tiene el usuario?
- ¿Qué necesidades formativas requiere?
- ¿Cuáles son sus ámbitos de interés?

En segundo lugar, está el diseño, una vez que se tenga claro el público al que va dirigido y las actividades que va a llevar se deben hacer el diseño del OA. Para ello, es importante tener en cuenta el objetivo de aprendizaje, las competencias a desarrollar, esto con el fin de seleccionar y organizar el contenido, hacer el diseño instruccional en el que se incluyen las actividades de aprendizaje y las secuencias.

Tercer paso corresponde a la creación del OA, en esta etapa es recomendable la intervención de un equipo multidisciplinario a fin de considerar las sugerencias de los expertos en diseño y desarrollo de materiales digitales, así como en la definición de los requerimientos tecnológicos para su futura visualización y consulta.

Cuarto paso, implementación, como su nombre lo indica, consiste en poner a prueba el OA, para ello es necesario publicarlo en una plataforma en la cual se pueda monitorear el uso y la calificación que le dan los usuarios, o hacer la implementación en un campo determinado por el creador.

Por último, se hace la etapa de evaluación, en esta etapa se mide la eficacia y eficiencia del material, si bien en este caso la evaluación se define como la etapa final, lo cierto es que esta

debe estar presente en todo el proceso de desarrollo, para así ir corrigiendo los errores que se puedan presentar.

Dificultades/limitaciones que presenta la enseñanza y el aprendizaje equilibrio químico

Rocha et al. (2000) menciona que el fenómeno natural del equilibrio químico demanda del profesor y los estudiantes una alta inversión sociocognitiva, a fin de que los últimos puedan construir una comprensión conceptual de este fenómeno. En este sentido, los profesores deben diseñar e implementar ambientes de aprendizaje potenciados por las TIC en el marco de las actividades experimentales. Quizás la relación sinérgica entre el uso pedagógico de las TIC y las actividades experimentales ayuda a los estudiantes a superar las dificultades que subyace la comprensión de este fenómeno químico.

Quilez-Pardo y Sanjose-Lopez (1995) sostienen que las dificultades en la enseñanza y aprendizaje de la química, y en especial del concepto de equilibrio químico, tienen que ver con varios elementos: la falta de preparación del profesor, los fallos de memoria del estudiante, la deficiente planeación, y el tratamiento superficial y algorítmico de los ejercicios de equilibrio químico como estrategia de enseñanza. Al respecto, los autores consideran que la persistencia de estas dificultades puede ser resultado de la ignorancia de los esquemas conceptuales de los estudiantes por parte de los profesores, motivo por el cual no logran llevar al aula una metodología eficaz que contribuya a superarlas.

Así mismo, la enseñanza de equilibrio químico tiene un carácter limitado con una formulación ambigua, haciendo que el estudiante en la mayoría de los casos no establezca relaciones entre todos los datos que se proporcionan en el problema y las ecuaciones que de forma necesaria creen que deben emplear. Detectando una cierta crisis en la enseñanza de la

química, que se manifiesta en las opiniones desfavorables como algo incomprensible y aborrecible (Oñorbe De Torre & Sanchez-Jimenes.J, 1996)

De la misma forma, se han realizado diversas investigaciones sobre las concepciones alternativas en química que tiene los estudiantes y en especial sobre el equilibrio químico. Ahora bien, el estudio realizado por Raviolo & Martínez Aznar (2003) agrupa las concepciones encontradas en veintiocho estudios, evidenciando la asiduidad de estas en los estudiantes. A continuación, se presenta en la tabla 2 las diferentes categorías de concepciones alternativas:

Tabla 3. Categorías de concepciones alternativas acerca del equilibrio químico.

Síntesis de concepciones alternativas y dificultades en el tema equilibrio químico	
Categorías	Concepción alternativa / dificultad
Conceptos previos que se utilizan en el estudio del equilibrio químico	Indiferenciación entre cantidad y concentración. Ej. Masa concentración. No aceptación de reacciones químicas reversibles, o indiferenciación. Confusión entre coeficientes estequiométricos y cantidades presentes en una reacción química. Dificultades matemáticas y en estequiometría. Confusión sobre el comportamiento de gases. Incapacidad en el manejo de la proporcionalidad. Inadecuada comprensión microscópica de la reacción química
Características de un sistema en equilibrio químico	No diferencian sistemas en equilibrio de sistemas que no lo están. Desconocimiento de la condición de ser un sistema cerrado. No distinguen composiciones iniciales y de equilibrio. No admiten la coexistencia de todas las especies. Compartimentación del equilibrio.

	No mantienen la constancia de las concentraciones a temperatura constante. Composición del sistema igual a una relación aritmética simple o la estequiométrica. Consideran al equilibrio como estático. Consideran al equilibrio como único. Comportamiento pendular. Incomprensión de “reactivo limitante” en una situación de equilibrio.
Lenguaje, simbolismo empleado y constante de equilibrio	Asocian el término “equilibrio” a una igualdad e inmovilidad. Incorrecta interpretación de la doble flecha con distintas longitudes. Desconocimiento de cuando K es constante. Mantienen K inalterada ante cambios de la temperatura. Consideran que en el equilibrio K_c es igual a 1.
Efecto del cambio de variables sobre el equilibrio (aplicación del principio de Le Chatelier)	No consideran todos los factores que afectan al equilibrio (control de variables). Dificultades al comparar las concentraciones entre un equilibrio inicial y uno final. Aplicación de Le Chatelier a situaciones que conducen a predicciones incorrectas. Incomprensión del efecto de agregar gas inerte al sistema en equilibrio. No uso de Q y K para predecir evolución
Velocidades de reacción	Confusión entre velocidad y extensión. La velocidad directa aumenta en la aproximación al equilibrio Cuando la V_d aumenta ante una perturbación la v_i debe disminuir y viceversa. Igualdad de las V_d y V_i en equilibrio final con las del equilibrio inicial. Aplicación de Le Chatelier a las velocidades.

Catalizadores	El catalizador no afecta la reacción inversa. El catalizador disminuye la velocidad inversa. El catalizador produce mayor proporción de productos en la mezcla en equilibrio.
Energía	Mal interpretación de la información que brinda el DH. No relacionan DG° con la extensión del equilibrio. Confunden DG° con DH. No comprensión de un proceso termodinámicamente reversible. Indiferenciación temperatura-energía. Confunden energía de activación con DG° .
Equilibrios heterogéneos	Confusión entre masa y concentración. Incomprensión del papel del sólido. La adición de más sólido modifica el equilibrio.

Tomado de: Raviolo & Martínez Aznar (2003)

Estas concepciones alternativas y dificultades se han evidenciado en las diversas investigaciones, lo cual comprueba la persistencia de estas a nivel educativo. Probablemente, la persistencia de las concepciones alternativas que encuentra fuertemente influenciada por la orientación de enseñanza transmisionista, donde el profesor simplemente comunica una serie de información factual, y los estudiantes de forma pasiva intenta almacenarla de forma desarticulada en su esquema cognitivo. Esta orientación de enseñanza por lo general el profesor descuida las diferentes dificultades y concepciones alternativas en el diseño e implementación de los ambientes de aprendizaje (Raviolo & Martínez-Aznar, 2003).

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

En este apartado se exterioriza la metodología con la cual se procuró dar respuesta a la pregunta de investigación, de ahí que, se exponen los objetivos, los aspectos metodológicos de dicha investigación, además del análisis de los datos cualitativos.

Objetivos

Objetivo general

Contrastar las teorías de dominio específico referentes a la enseñanza y aprendizaje que fundamentan disciplinar, pedagógica y tecnológicamente el OA del equilibrio químico en términos de las intenciones de diseño, las acciones y los resultados de aprendizaje esperados.

Objetivos específicos

- Implementar y evaluar la secuencia de actividades de enseñanza-aprendizaje que constituyen el Objeto de Aprendizaje titulado ¿en qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio químico? como un mediador para el aprendizaje conceptual en los estudiantes del grado décimo.
- Documentar las fortalezas y debilidades que provienen de la implementación del OA titulado ¿en qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio químico? con el propósito que estas pueden ser utilizadas por los diseñadores durante la fase de rediseño del objeto en cuestión.

Aspectos metodológicos de la investigación

La recolección y análisis de la base empírica en este estudio estuvo direccionado por un enfoque de investigación cualitativo e interpretativo. Este enfoque permitió focalizarse en las diversas interacciones simbólicas que sucedieron durante la implementación del OA en consideración. Así pues, la recogida de la evidencia empírica y el análisis se focalizó en la interpretación de aquellas acciones de significado que se encontraban estrechamente vinculadas con las Características Claves del Diseño (teorías de dominio específico o teorías prácticas

hipotéticas); los razonamientos y acciones de los estudiantes y el profesor; y los aprendizajes logrados por los aprendices (Hernández-Sampieri, Fernandez-Collado & Baptista-Lucio, 2014).

Desde luego, esta elección del paradigma metodológico fue orientado por las teorías sustantivas que fundamentaron el planteamiento del problema, el marco teórico, la pregunta de investigación y los objetivos. De ahí que, los anteriores aspectos están enmarcados en una perspectiva de construcción del conocimiento donde los horizontes de sentido del investigador y sujetos investigados interaccionan de forma sinérgica. También, en la creencia de que el sistema de conocimiento, creencias y valores del investigador juegan un papel clave en la recolección y análisis de la base empírica.

Con el fin de recoger la evidencia empírica se consideró que el método del estudio de casos es el más apropiado. De hecho, éste permite recabar una vasta cantidad de información durante la implementación con el propósito de comprender a profundidad el evento y evaluar formativamente el OA, titulado, ¿en qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio químico?(Yin, 2003). Así pues, este estudio se ajusta a los tres criterios propuestos por Yin (2003) para seleccionar el método de estudio de casos, a saber: el interrogante debe estar formulado en término de cómo o por qué; imposibilidad de controlar las variables (investigación naturalística); y problema caracterizado por ser contemporáneo.

Descripción de la metodología

Conviene subrayar que, Yin (2003) clasifica este método de recolección de datos entre clases, a saber: exploratorio, descriptivo y explicativo. El caso exploratorio se caracteriza por formular una conjetura, hipótesis o exploración de una determinada problemática; el caso descriptivo, tiene como objetivo llevar a cabo una descripción detallada de las acciones de

significados de los sujetos estudiados dentro su contexto de actuación; y, finalmente, el caso explicativo intenta construir relaciones causales situadas sobre los comportamientos y acciones de los sujetos quienes participan en transacciones de significados en un contexto real.

De igual forma, los estudios de diseño también se caracterizan por estar configurados por un ciclo de diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje. De ahí que Alzaghibi (2010) comparo e identifico propiedades comunes entre los tres tipos de casos de Yin y las tres fases que estructuran el ciclo de diseño. Esta tarea le permitió establecer una relación intencionada y biunívoca entre los tres tipos de casos de Yin y las tres fases de diseño (véase tabla 1).

Tabla 4. *Relación entre las fases de los estudios de diseño y los tipos de estudios de caso desde Yin (2003)*

Estudio de diseño	Diseño del Objeto de Aprendizaje	Implementación del Objeto de aprendizaje	Evaluación del Objeto de aprendizaje
Estudio de caso	Exploratorio	Descriptivo	Explicativo

Selección del caso

Conviene subrayar que, el caso estudiado en esta investigación estuvo configurado por el profesor en formación, los estudiantes de grado décimo y el OA de aprendizaje en cuestión. La selección de los elementos que configuran el caso se realizó teniendo en cuenta los siguientes criterios: sujetos dispuestos a invertir tiempo y cognición en el desarrollo de la investigación; acceso a la institución educativa; profesor en formación con un conocimiento en el uso de las TIC desde argumentos pedagógicos; y maestra cooperadora dispuesta a prestar su aula de química para llevar el estudio. De igual forma se contó con la autorización del rector de la

institución educativa, la cual se gestionó a través de la dirección del Instituto de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle, que han venido trabajando de manera conjunta desde hace varios años, a través del convenio de práctica docente. De la misma manera se contó con la autorización de los padres de familia, ya que, durante las diferentes actividades donde se aplicaba el objeto de aprendizaje constaría de material fílmico y fotográfico en el momento de su implementación y evaluación en el aula de clases, y por último se contó con el profesor y los estudiantes quienes tuvieron la disposición de participar en la implementación del objeto de aprendizaje y para brindar la información in situ, además, de la inversión de tiempo para comentar actividades propuestas por el objeto de aprendizaje.

Docentes participantes

Conviene subrayar que, este estudio se dio en el marco de la práctica de la licenciatura en ciencias naturales de una Universidad pública, donde el profesor en formación es quien implementa el OA del fenómeno del equilibrio químico. La profesora Alma de la institución cumplió el papel de profesora cooperadora, encargándose de prestar el aula de química y de realizar procesos de retroalimentación disciplinar y pedagógica al estudiante-profesor. La profesora cooperadora es graduada en licenciatura en Biología y Química, y cuenta con 20 años de experiencia en instituciones de carácter oficial en la enseñanza de la química. Además, presenta una formación y desarrollo profesional en el uso de las TIC como herramientas cognitivas que ayudan a mediar el aprendizaje de la química.

Para el desarrollo de esta investigación el docente en formación estuvo a cargo de la implementación del objeto de aprendizaje ¿En qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio

químico?, de igual forma introdujo las diferentes actividades de aprendizaje que constituyen el OA en cuestión.

Estudiantes participantes

Se trata de 30 estudiantes del grado decimo de la Institución Educativa La Anunciación² en edades comprendidas entre los 14 y 15 años (18 niñas y 12 niños). Hay que mencionar, además, que para llevar a cabo la investigación objeto de este estudio, y que los estudiantes pudieran participar en ella orientados por el profesor investigador, se contó con la previa autorización del rector de la institución educativa y la profesora cooperado a cargo del curso de química en la institución educativa, así como la de los padres de familia, quienes firmaron el consentimiento informado a fin de poder hacer el registro de audio y video de la lección que estructura el OA en cuestión.

Objeto de aprendizaje implementado

En cuanto al objeto de aprendizaje ¿En qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio químico? La enseñanza de este fenómeno químico fue configurada por medio de la siguiente secuencia de ideas claves: cinética química, reacciones químicas reversibles, constante de equilibrio químico, y principio de Le Chatelier. Es necesario destacar el manejo de los diferentes conceptos dentro del objeto de aprendizaje, dado a que estos son desarrollados de una forma clara y concisa, es decir que no se utiliza terminologías extrañas para el estudiante, adecuándose a los temas enseñados en química. De igual forma cuando el objeto de aprendizaje hace referencia a un concepto desconocido por el estudiante, este se encarga de darle el significado del

² Por razones del principio de la ética en la investigación cualitativa e interpretativa se utilizan nombres anónimos para la institución educativa, los estudiantes y los profesores.

mismo, por ejemplo: cuando se introduce el concepto de hipoxia el objeto de aprendizaje lo clarifica diciendo que es una deficiencia de oxígeno en el cuerpo.

Por otra parte, el fenómeno del equilibrio químico es representado por una serie de actividades de aprendizaje, las cuales están configuradas por un ciclo de aprendizaje que consta de las siguientes etapas: Introducción, objetivo, desarrollo (actividades 1, 2, 3 y 4) y tarea. La introducción tiene como propósito estimular en los estudiantes la explicitación de sus modelos mentales referentes al fenómeno químico estudiado. El desarrollo tiene como fin asistir a los estudiantes en el desarrollo progresivo de las metas de aprendizaje conjeturadas. Y, la fase de tarea tiene como fin permitirles a los estudiantes comenzar a utilizar los modelos teóricos refinados en otros contextos. Por supuesto, a cada una de las actividades de aprendizaje la subyace una o varias metas de aprendizajes (Contenidos/Habilidades), las cuales se han representado a través de recursos de naturaleza analógicas y digitales. Estos recursos quizás fueron elegidos por sus potencialidades y limitaciones que se encuentra alineadas a las dificultades/concepciones alternativas de los estudiantes. Por ejemplo, historietas, experimentos, videos demostrativos, preguntas abiertas y problematizadoras, gráficas e ilustraciones.

El formato de presentación a modo de historieta de algunos contenidos (cinética química y principio de Le Chatelier), permite captar la atención de los estudiantes, debido a que la historieta se considera como un medio cuya aplicación en el aula de clase resulta beneficioso en el proceso de enseñanza-aprendizaje de cualquier materia (Baudet-Guerra, 2001). Así mismo, las actividades experimentales no intentan explicar la teoría, sino, que el estudiante a través de preguntas abiertas pueda hacer predicciones y llegar a sus propias conclusiones, propiciando que el estudiante haga una construcción personal de la información y permitiendo el dialogo y la interacción con los demás estudiantes y el profesor (Núñez-López, S., Ávila-Palet, J. E., &

Olivares-Olivares, S. L, 2017). El objeto aprendizaje también permite que se trabaje fuera de clase, dado a que algunas actividades son imprimibles, para que de esta forma el estudiante tenga la oportunidad de aclarar dudas que le haya podido generar el contenido del material.

Contexto del caso

La Institución Educativa Anunciación es una institución de carácter oficial adscrita a la Secretaría de Educación Distrital de Santiago de Cali, situada en la comuna ocho, la cual cuenta con tres jornadas, mañana, tarde y noche. El horizonte institucional deja ver los siguientes elementos: respeto, tolerancia, responsabilidad, y solidaridad. Adicionalmente, esta institución educativa atiende niños, jóvenes, adultos y población en alto riesgo físico, en su mayoría de los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3. Su misión es formar estudiantes para que construyan su proyecto de vida basado en la convivencia armónica, los valores institucionales, el conocimiento, la ciencia y la tecnología garantizando este proceso desde la educación inicial hasta la media técnica y académica.

La institución educativa La Anunciación se encuentra dotada con implementos tecnológicos tales como video beam, banco de tablets, wifi y sala de sistemas, lo cual ofrece posibilidades en el mejoramiento de la enseñanza y aprendizaje a través de la implementación de los OA diseñados y desarrollados por Colombia aprende. Por lo anterior, se evidencia que la institución educativa cuenta con las herramientas necesarias para la implementación y evaluación del objeto de aprendizaje, facilitando el aprendizaje autónomo y la comprensión del concepto de equilibrio químico por parte de los estudiantes.

Fases del estudio

Con el propósito de recoger la evidencia empírica cuyo análisis permitió llevar a cabo la evaluación formativa del OA en consideración, se configuró el estudio en tres fases: implementación, evaluación y análisis de los datos.

Implementación o puesta en escena del conjunto de actividades de aprendizaje

La implementación del OA en consideración se llevó a cabo desde el 15 de octubre a 23 de noviembre del 2018. Para ello, el estudiante-profesor puso en escena el conjunto de actividades de aprendizaje que configuraron el OA en seis secciones de 4 horas semanales, con el fin de asistir a los estudiantes en la comprensión del fenómeno del equilibrio químico. Además, esta implementación también se focalizó en recoger evidencia empírica de carácter cualitativo a fin de comparar las intenciones de diseño que subyacen al OA, las acciones realizadas por el profesor y los estudiantes, y las metas alcanzadas por los aprendices. Por supuesto, esta comparación tripartita permitió realizar una evaluación formativa a las teorías de dominio específico referente al aprendizaje del equilibrio químico (Características Claves de Diseño, véase tabla 5).

Esta fase de implementación del OA jugó un papel clave en la solución al problema de investigación abordado a lo largo de este estudio. Desde luego, esta permitió que el investigador documentara una serie de eventos críticos referentes a las acciones inteligentes y pedagógicas llevadas a cabo respectivamente por los estudiantes y el profesor. Además, permitió evidenciar los aprendizajes alcanzados por los aprendices relacionados con el fenómeno del equilibrio químico. Por supuesto, esta información fundamentó la comparación deliberada entre las

intenciones de diseño, las acciones y los aprendizajes logrados que resultan ser importantes para la evaluación formativa y posterior rediseño del OA bajo consideración.

Fase de evaluación

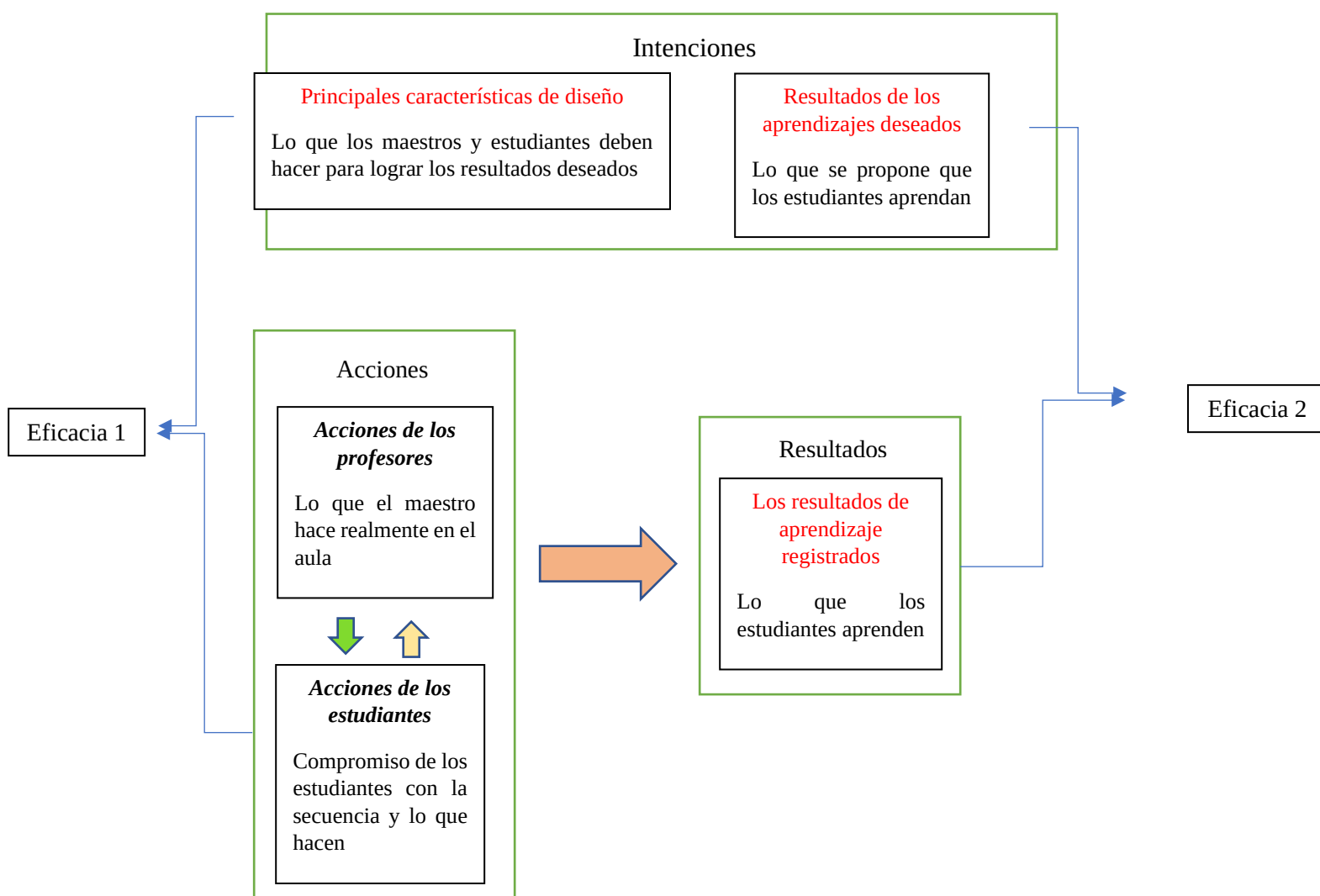
Esta fase del ciclo iterativo de diseño tuvo como función comparar lo propuesto, lo implementado y lo logrado en términos de las acciones del profesor y el estudiante, y los aprendizajes logrados. Desde luego, esta comparación intencionada permite recabar una base empírica cuya interpretación y análisis generó una teoría naturalística que describe la transformación que sufrió el currículo planeado que subyace al OA en cuestión, en un currículo enseñado y aprendido sobre el fenómeno del equilibrio químico. De hecho, esta tarea analítica permitió contrastar el conjunto de teorías de dominio específico o teorías prácticas (toma de decisiones curriculares e instruccionales) que fundamentaron el diseño y la implementación de este OA.

En este sentido Alzaghibi (2010) argumenta que la evaluación debe ser andamiada por un modelo que evidencie las fortalezas y debilidades del ambiente de aprendizaje en un tópico específico, el cual esté encaminado a evaluar la práctica del diseño y la implementación. Por tal motivo Alzaghibi apropió el modelo de evaluación planteado por (Millar, Tiberghien, y Maréchal (2002), el cual se desarrolla por el análisis de tres elementos, a saber: las Características Claves de Diseño³ (en adelante CCD), las acciones llevadas a cabo por los profesores y los estudiantes, y los aprendizajes alcanzados por los estudiantes (Véase figura 1). De esta forma, se argumentó que la implementación y evaluación del OA en consideración

³ Las Características Claves de Diseño (CCD) para este estudio son identificadas a través de una lectura crítica al material del profesor.

estuvo determinada por las relaciones deliberadas entre las intenciones de diseño, las acciones de los miembros del aula, y los logros alcanzados por los estudiantes.

Figura 2. Modelo de evaluación de la secuencia de enseñanza - ampliado de Millar (2002) por Alzaghibi (2010)



Fuente: Alzaghibi (2010)

De acuerdo en lo observado en la figura 1, el modelo ampliado de Alzaghibi (2010), se configura por medio de las relaciones intenciones entre los siguientes tres componentes: intenciones, acciones y aprendizaje. En este sentido, la relación que se establece entre las

intenciones y las acciones, se denomina eficacia 1; en tanto, el vínculo que se realiza entre lo que se quiere que los estudiantes aprendan (metas de aprendizaje), y lo que en realidad ellos consiguieron aprender durante el desarrollo de la secuencia de actividades, recibe el nombre de eficacia 2.

las metas de aprendizaje conjeturadas y los aprendizajes alcanzados, recibe el nombre de eficacia 2. Conviene subrayar que, los resultados registrados están basados en la forma cómo el profesor y los estudiantes implementaron y desarrollaron la secuencia de actividades de aprendizaje en el aula, lo cual permite evaluar las intenciones del diseño o hipótesis de enseñanza documentadas en las CCD (teorías de dominio específico del aprendizaje del equilibrio químico). Por todo esto, resulta necesario documentar las teorías de dominio específico a través de las cinco Características Claves del Diseño (CCD) posibilitando la evaluación de las intenciones de diseño del OA. Estas orientaron el desarrollo pautas concretas para el fortalecimiento de dichas intenciones o hipótesis.

Características claves del diseño (CCD)

El diseño del OA ¿En qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio químico? se encuentra fundamentado por marcos teóricos educativos tanto generales como específicos. Es decir, el desarrollo teórico de la toma de decisiones curriculares y instruccionales que apoyaron el diseño del OA, estuvo fundamentado por las teorías de orden general y específico acerca de la enseñanza y aprendizaje del fenómeno del equilibrio químico. Por ejemplo, este diseño se sustentó por los siguientes marcos de referencia: literatura sobre la educación en química, pedagogía general, integración de las TIC desde argumentos pedagógicos; referentes curriculares estatales, entre otros.

En ese mismo sentido, el diseño de OA en consideración se llevó en el marco del currículo estatal. Éste se encuentra estructurado por cinco unidades de aprendizaje contextualizadas por preguntas de investigación, a saber: ¿Dónde estamos ubicados en el tiempo y en el espacio?, ¿De qué está hecho todo lo que nos rodea?, ¿Cómo se relacionan los componentes del mundo?, ¿Cómo cambian los componentes del mundo? y ¿Cómo transformamos el planeta? Desde luego, que cada una de estas unidades exteriorizan una coherencia intra e intercurricular, es decir: las unidades de aprendizaje encarnan de manera coherente los elementos de enseñanza tales como: el contenido, las habilidades, los objetivos, las estrategias de enseñanza, las actividades de aprendizaje, y las formas de evaluar el contenido y las habilidades, además las intenciones de dicha enseñanza se encuentran arraigados dentro y a través de los niveles de escolaridad (coherencia intercurricular). De esta forma la estructura que fundamenta el OA, desvela un compendio de actividades de aprendizaje, con sus correspondientes objetivos, estrategias de enseñanza, gestión del aula y evaluación, desde luego cada actividad de aprendizaje relaciona a una de las fases del periodo de aprendizaje a saber: introducción, desarrollo, resumen y tarea.

En este sentido, CCD intentan documentar de forma sucinta la toma de decisiones curriculares e instruccionales conjeturadas que fundamentan el diseño de la secuencia de actividades de aprendizaje que configuran el OA en cuestión. En este sentido, las CCD se organizaron de acuerdo con los grupos de actividades que representaran la misma meta(s) de aprendizaje(s) (véase tabla 5). Con el fin de documentar las CCD se realizó una lectura sistemática y crítica a los tres componentes del OA, a saber: material del profesor, material del estudiante y e interfaz del OA en consideración. Esta lectura estuvo direccionada por el problema de investigación, y por los siguientes interrogantes: ¿Qué meta de aprendizaje se pretende que

los estudiantes alcancen?; ¿Para qué se desea enseñar dicho contenido?; ¿Cuáles son las dificultades que presentan los estudiantes para aprender dicho contenido?; ¿Cuáles son los recursos analógicos o digitales que proponen utilizar a fin de ayudar a los estudiantes a aprender el contenido en consideración?; ¿Qué estrategias y modelos de enseñanza proponen utilizar en el aula con el propósito de asistir a los estudiantes en el aprendizaje del contenido en cuestión?; ¿Cuáles son los instrumentos específicos de evaluación del aprendizaje del equilibrio químico?

Tabla 5. Características Claves de Diseño (CCD) referentes a la enseñanza y aprendizaje del fenómeno del equilibrio químico.

CCD1: INTRODUCCIÓN
Esta actividad introductoria tiene como fin el brindarles la oportunidad a los estudiantes de externalizar su modelos mentales o concepciones alternativas sobre el fenómeno del equilibrio químico. También, además, les permite comenzar a construir un propósito general sobre el aprendizaje de este fenómeno químico. No obstante, esta actividad de introducción no está representando de forma explícita una de las metas de aprendizaje o Habilidades/Conocimiento propuestas por el Ministerio de Educación Nacional (en adelante MEN). La actividad de introducción se pondrá en escena a través de una estrategia pedagógica de organización del aula en estructura no interactiva y pequeños grupos de discusión. La primera organización de la clase se utilizará para darle las consignas a los estudiantes, en tanto, la segunda tendrá como fin el brindarles la posibilidad de discutir y solucionar con sus compañeras las diversas tareas que configuran la actividad. La actividad de aprendizaje se configuró por un contexto problemático de carácter cotidiano, La temperatura como factor que condiciona la velocidad de las reacciones químicas. Este representó el fenómeno acerca de los factores que ejercen una fuerte influencia en la velocidad de las reacciones química en el metabolismo de los seres humanos. Ahora bien, la actividad fue desarrollada tecnológicamente por medio de recurso digital como un libro interactivo. Por supuesto, este contexto problemático se complementó con una serie de tareas problemas que los estudiantes debería de resolver de forma colegiada. Por ejemplo:

Después de que los estudiantes hayan terminado de leer y le den sentido a la lectura, resolverán una serie de preguntas problemas tales como:

- ¿Cuáles son las principales ideas que se abordan en los diferentes párrafos de desarrollo?
- ¿Cuál es la idea general que recoge el cuerpo del texto?
- ¿Crees que la temperatura incide en las reacciones de nuestro cuerpo?
- ¿Cómo lo hace?

Al finalizar estas preguntas y teniendo en cuenta lo que los estudiantes han podido desarrollar, el profesor orientará la discusión con el propósito de brindarles a los estudiantes oportunidad de expresar como se relaciona las velocidades de las reacciones químicas con la temperatura del cuerpo y construyan sus propios conceptos.

Adicionalmente, el profeso les pedirá a los estudiantes que expresen cuál sería el objetivo del estudio de este fenómeno químico. Después, que los estudiantes enuncien sus posibles objetivos, él mostrará a toda la clase el objetivo general que prescribe el OA, “analizar en términos energéticos y cinéticos las reacciones químicas reversibles”, y lo comparará con los objetivos planteados por los estudiantes.

Conviene subrayar que, en esta actividad de aprendizaje no se documenta de forma explícita los siguientes elementos de la enseñanza: justificación de la enseñanza del contenido, dificultades/concepciones alternativas sobre el equilibrio químico, potencialidades de los recursos digitales usados para representar el contenido, e instrumentos específicos de evaluación.

CCD2: CINÉTICA QUÍMICA

Las metas de aprendizaje prescripta en esta CCD2 se focalizan en la conceptualización de la cinética química, y el fenómeno de las reacciones químicas reversibles e irreversibles:

- Representa la energía de activación y el complejo activado en y reacciones químicas endotérmicas y exotérmicas.
- Utiliza gráficas del tipo tiempo vs concentración de reactivos y productos para explicar lo que ocurre durante una reacción química.

Con la intención de que los estudiantes comiencen a alcanzar estas metas de aprendizaje se diseña una actividad de aprendizaje la cual está configurada en dos momentos. El primer momento representa la meta de aprendizaje a través de una situación contextualizada (historieta de Manuela y el peróxido de oxígeno). Esta actividad tiene como objetivo introducir a los estudiantes al fenómeno de la velocidad de las reacciones químicas desde las reacciones unidireccionales. Por supuesto, esta actividad se configura con un conjunto de tareas problemas de carácter abierto y flexible, que los estudiantes debería de resolver de forma colegiada. Tales como:

- ¿Qué sustancias constituyen el agua oxigenada?
- ¿Qué explicación puedes darle al sonido que se provocó cuando Manuela destapó el agua oxigenada?
- ¿Por qué crees que se vence el agua oxigenada?
- ¿Cómo cambia la concentración de los reactivos y productos a medida que transcurre la reacción química entre las sustancias que constituye el sistema agua oxigenada, tanto en condiciones óptimas como descontroladas de almacenamiento de esta mezcla?

El segundo momento está constituido por la lectura e interpretación que los estudiantes deben hacer a dos textos multimodales (gráficas), los cuales representan las reacciones exotérmicas y endotérmicas desde la perspectiva del complejo activado. Estas gráficas se encuentran acompañadas por textos lingüísticos y una serie de preguntas abiertas, cuya función es la de ayudar a los estudiantes a conceptualizar el modelo matemático que representa la velocidad de una reacción química, y las teorías de las colisiones efectivas y el complejo activado que sustentan el comportamiento molecular de las reacciones químicas.

La puesta en escena de estas actividades de aprendizaje se desarrolla bajo una organización de aula no interactiva y en pequeños grupos de discusión. La primera organización de aula es utilizada por el profesor para contextualizar a los estudiantes sobre qué es la velocidad de reacción, y cuáles son los factores que la alteran (p. ej., temperatura, concentración y catalizadores). La segunda organización del aula se encuentra centrada en los estudiantes, brindándoles la oportunidad de discutir, consensuar y responder de manera escrita y verbal las tareas que andamian la

comprensión del fenómeno estudiado. Adicionalmente, esta gestión de aula le permite al profesor monitorear el nivel de comprensión y confusión de los estudiantes con el propósito de suministrar retroalimentación en el momento que lo necesiten.

Conviene acentuar que, en esta CCD no se evidencia de forma manifiesta la documentación de los siguientes elementos de la enseñanza: dificultades/concepciones alternativas sobre el equilibrio químico, potencialidades de los recursos digitales usados para representar el contenido, e instrumentos específicos de evaluación los cuales deben fundamentar toda toma de decisiones curriculares e instruccionales en el diseño de Objetos de Aprendizaje.

CCD3: REACCIONES REVERSIBLES Y EQUILIBRIO QUÍMICO DINÁMICO

Esta actividad de aprendizaje está fundamentada por los modelos teóricos escolares que el estudiante comenzó a identificar y apropiar en las anteriores actividades. En este sentido, la CCD3 están orientadas por las siguientes planteadas metas de aprendizaje (habilidades/conocimientos del OA):

- Distingue las reacciones químicas unidireccionales de las reacciones y químicas reversibles, en las que se establece un equilibrio químico.
- Interpreta el equilibrio químico como un proceso dinámico en el que la velocidad de formación de productos es igual a la velocidad de formación de reactivos.
- Analiza el efecto de la concentración, la temperatura y la presencia de catalizadores sobre la velocidad de algunas reacciones químicas

Definitivamente, esta CCD3 tiene como fin que los estudiantes distinga y conceptualicen las reacciones reversibles como un tipo de reacciones en los que los reactivos logran convertirse en productos, pero a su vez estos productos logran convertirse en los reactivos que los produjeron estableciendo un equilibrio químico dinámico. De la misma forma, que el estudiante visualice el equilibrio químico como un proceso dinámico dado a lo largo de una reacción química reversible e interprete la constante de equilibrio.

Ahora bien, esta CCD3 está configurada por dos actividades; en la primera, el estudiante trae a colación la lectura que realizó en el libro interactivo en la actividad introductoria, cuya intención es brindar la oportunidad a los estudiantes de continuar extendiendo la conceptualización del fenómeno de reacciones químicas reversibles, junto con el modelo

matemático que representa el equilibrio químico dinámico. Este paso fue desarrollado tecnológicamente por medio del recurso interactivo anteriormente nombrado y un recurso de arrastre, esto complementado por un conjunto de tareas problema tales como.

- En términos de reacción química y a nivel submicroscópico, ¿qué ocurrió con las moléculas de oxihemoglobina para que el oxígeno fuera liberado? Representalo de una forma molecular y simbólica, para ello puedes utilizar dibujos que simplifiquen la representación de las moléculas.
- ¿Qué diferencia encuentras entre esta reacción y la reacción del peróxido de hidrógeno?
- Conceptualiza las reacciones reversibles e irreversibles teniendo en cuenta los términos reactivos, productos, átomos, moléculas, energía, enlaces químicos.

El profesor con ayuda de los estudiantes realiza la construcción conjunta de la reacción, la cual se representa de la siguiente forma $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HbO}_2$, con el fin de reforzar la conceptualización de sobre las reacciones reversibles y que éstas se pueden distinguir de las irreversibles.

La segunda actividad se materializa por medio de un texto multimodal (animación de la síntesis del amoníaco), donde el estudiante visualizara una reacción de tipo reversible, la cual se evidencia a través de la reacción del nitrógeno con hidrógeno a nivel submicroscópico, mostrando el fenómeno de las reacciones de las moléculas de reactivos y producto desde una proporción estequiométrica. Ahora bien, esta fase fue guiada tecnológicamente por medio de recurso digital de una animación. Este contexto problemático se complementó con una serie de tareas problemas de carácter abierto que los estudiantes deberían de resolver de forma colegiada. Por ejemplo:

- Explica qué pasa en cada uno de los tiempos de reacción y el cambio que hay entre ellos. ¿Por qué en el tiempo tres no cambian las concentraciones de reactivos y productos? Para ello, ten en cuenta la concentración y la velocidad de la reacción directa e inversas.
- Con lo anterior, grafica la concentración (cambios de reactivos y productos) y la velocidad de la reacción reversible (reacción directa e inversa) en el transcurso del tiempo.

- Conceptualiza el equilibrio químico dinámico teniendo en cuenta conceptos de: velocidad de la reacción, concentración de reactivo, reacción directa e inversa, reactivos y productos.

Finalmente, se enfrenta a los estudiantes a un texto expositivo el cual representa la forma algorítmica de cómo se construye el modelo matemático sobre el equilibrio químico de una reacción química reversible (constante de equilibrio $KC = \frac{\text{Reactivos}}{\text{Productos}}$). Dado el carácter abstracto de este tópico se prescribe abordarlo por medio de una orientación de enseñanza centrada en el profesor. Desarrolladas las actividades conjunto con las preguntas en los grupos de trabajo, y con la guía del profesor se dará paso a la discusión para afianzar las respuestas obtenidas, con el objetivo de construir el modelo teórico de la constante de equilibrio.

Por lo que se refiere a, la pedagogía general se puede afirmar que en un alto porcentaje de tiempo se recomienda poner en escena las actividades de aprendizaje a través de una organización de aula de pequeños grupos de discusión y discusión con toda la clase. Por supuesto, que la organización de clase no interactiva se recomienda para dar las consignas y para explicar los contenidos de mayor nivel de abstracción.

Resaltando que en esta CCD no se evidencia de forma explícita los siguientes elementos de la enseñanza: potencialidades de los recursos digitales usados para representar el contenido, dificultades/concepciones alternativas sobre el equilibrio químico, e instrumentos específicos de evaluación.

CCD4: FACTORES QUE AFECTAN LA VELOCIDAD DE LA REACCIÓN

Las metas de aprendizaje prescriptas en la CCD4 son andamiadas por el conocimiento y la interiorización de los contenidos abordados en las actividades de aprendizaje anteriores (reacciones reversibles, equilibrio químico dinámico, cinética química). Ahora bien, las metas de aprendizaje prescriptas en la CCD4 son:

- Analiza el efecto de la concentración, la temperatura y la presencia de catalizadores sobre la velocidad de algunas reacciones químicas.
- Establece similitudes y diferencias entre reacciones químicas mediadas por catalizadores químicos y catalizadores biológicos.

Esta CCD4 se estructura dos actividades experimentales tipo demostración que representan como los factores de carácter químico y/o biológico alteran la velocidad de una reacción química. Vale la pena resaltar, que los materiales requeridos para llevar a cabo las demostraciones son de fácil acceso y manejo para los estudiantes.

Adicionalmente, se sugiere el uso de un video que representa la forma como la concentración de una sustancia puede cambiar la velocidad de una reacción química. Por supuesto, estos tres contextos problemáticos se encuentran complementados con una serie de tareas abiertas que los estudiantes deben comprometerse en realizarlas. Por ejemplo:

- ¿Qué cree que va a pasar?
- ¿Qué sucede si se aumenta y se disminuye con la temperatura y la concentración?
- ¿Qué puede pasar en la reacción si adiciono catalizadores?, ¿afectara la velocidad con que reaccionen las sustancias?

Al igual que en las otras CCD, se sugiere organizar y gestionar la clase en una estructura de discusión con toda la clase. En estos escenarios los estudiantes podrán discutir acerca de las observaciones realizadas a lo largo de la demostración experimental ejecutada por el profesor. Adicionalmente, se prescribe llevar a cabo las demostraciones por medio de la estrategia de enseñanza del POE (Predecir, Observar y Explicar). Es decir, el profesor antes de iniciar la demostración que representa el fenómeno les pide a los estudiantes que realicen predicciones sobre lo que podría suceder, posteriormente, él realiza la demostración y les pide a los estudiantes que hagan observaciones, y que las comparen sus predicciones. Finalmente, les pide que explique a nivel submicroscópico las coincidencias o anomalías halladas en la comparación.

Con los conocimientos adquiridos durante la realización de las actividades, los estudiantes podrán salir al tablero y representar lo que pasó en las actividades experimentales.

De la misma forma que en las otras CCD, esta tampoco se evidencian los siguientes elementos de la enseñanza: justificación de la enseñanza del contenido, dificultades/concepciones alternativas sobre el equilibrio químico, potencialidades de los recursos digitales usados para representar el contenido, e instrumentos específicos de evaluación.

CCD5: PRINCIPIO DE LE CHÂTELIER

Esta actividad de aprendizaje continúa dándole la oportunidad a los estudiantes de extender su comprensión del equilibrio químico dinámico que alcanzan las reacciones químicas reversibles. Adicionalmente, les suministra la posibilidad de comenzar a identificar los factores que perturban el estado del equilibrio químico de una reacción, y la forma como esta alcanza nuevamente dicho estado. Estas expectativas curriculares son prescriptas tanto de forma cualitativa como cuantitativa. Para ello, representa el tópico del principio de Le Chatelier a través de historietas, animaciones y modelos matemáticos. Las siguientes son las metas de aprendizaje que direccionan el desarrollo de la CCD5:

- Interpreta el equilibrio químico como un proceso dinámico en el que la velocidad de formación de productos es igual a la velocidad de formación de reactivos.
- Utiliza ecuaciones de constantes de equilibrio para calcular concentraciones de reactivos y productos en reacciones químicas.
- Verifica el efecto de la presión y la temperatura sobre las concentraciones de equilibrio de reactivos y productos.

Definitivamente, estas metas de aprendizaje tienen como fin que los estudiantes conceptualicen el Principio de Le Chatelier, dándole bases en la implementación de la ecuación de equilibrio químico, a través de problemas de orden cualitativo y cuantitativo. Para ello, el profesor dispone el aula de clase en una distribución no interactiva y grupos de discusión. La organización inicial es con el fin de contextualizar al estudiante sobre la actividad a desarrollar y la segunda se configura con el propósito que el estudiante exprese los modelos mentales que dan solución a las tareas planteadas en cada una de las actividades de aprendizaje.

La actividad de aprendizaje que representa el principio de Le Chatelier se configura a través de tres momentos. Animación de los factores que afecta el equilibrio químico del proceso reversible de la producción del amoníaco; contextualización del principio de Le Chatelier por medio de una situación de carácter cotidiano; y, finalmente, matematización del principio de Le Chatelier por medio de un modelo matemático. La actividad fue desarrollada tecnológicamente por medio del recurso digital o textos multimodales, tales como: animación, historieta y tablas de datos empíricos. Por

supuesto, estas problemáticas se complementaron con tareas problemas abiertas y cerradas que fueron desarrolladas por los estudiantes durante la implementación. Por ejemplo:

En el cambio de concentración:

- ¿Qué pasó cuando se agregaron las dos moles de N_2 ?
- ¿Qué reacción se vio favorecida por el suministro de concentración de N_2 ?
- ¿La directa o inversa?
- ¿Qué pasó cuando se agregó amoníaco en lugar de nitrógeno al equilibrio químico
- en cuestión?
- ¿Qué reacción se vio favorecida por el suministro de concentración de NH_3 ?
- ¿La directa o la inversa?

En el cambio de presión:

- ¿Por qué un aumento de presión provoca que se favorezca la producción de amoníaco?
- ¿Por qué se toma esta nueva condición de equilibrio?
- ¿Cuál es la reacción endotérmica y cuál es la reacción exotérmica, en esta reacción reversible?

En el cambio de temperatura:

- ¿Qué reacción es la que está siendo favorecida con la disminución de temperatura?
- Explica por qué. Para ello ten en cuenta cuál es la reacción exotérmica y cuál la endotérmica.

Los estudiantes guiados por el profesor comenzaran a dar sus puntos de vista frente a los interrogantes planteados verificando el efecto de la presión y la temperatura sobre las concentraciones de equilibrio de reactivos y productos, dando paso a la construcción del modelo teórico del principio de Le Chatelier.

Seguidamente los estudiantes en grupo leerán una historieta, la cual relata la experiencia de una adolescente que viaja hasta Jericó, en Boyacá, un municipio que resulta muy diferente a su ciudad natal, Buenaventura, y cuyas diferencias generaron problemas insospechados por ella, al término de esta las parejas de discusión desarrollaran una serie de preguntas tales como:

- Willy antes de viajar a Jericó, tenía esta reacción $\text{Hb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{HbO}$ en un estado de equilibrio, pero cuando llegó al pueblo boyacense, éste varió, ¿de qué manera se vio afectado este equilibrio?
- Si la concentración de los reactivos (en este caso el oxígeno) está cambiando el estado de equilibrio de la formación de oxihemoglobina a partir de hemoglobina y oxígeno y viceversa ¿Qué ordena el cuerpo para restablecer el equilibrio?
- En esta reacción reversible ¿cuál de las dos direcciones será la que libera energía y la que la requiere para poder realizarse? ¿La reacción directa o inversa?
- Si a Willy le hubiese dado también fiebre, ¿qué es lo más probable que hubiese pasado?
- ¿Por qué? ¿Cómo afecta este cambio de temperatura corporal al equilibrio dinámico de la reacción? ¿Qué pasa con las concentraciones de reactivos y productos?

Los estudiantes al terminar el desarrollo de las preguntas y con la guía del profesor comienzan a interpretar el equilibrio químico como un proceso dinámico en el que la velocidad de formación de productos es igual a la velocidad de formación de reactivos, mediante factores que pueden afectar dicha reacción, según el Principio de Le Châtelier y evidencien que éste puede ayudar a interpretar algunas de las situaciones de la vida cotidiana.

Por último, los estudiantes con la guía del profesor y la aplicación de la constante de equilibrio ya estudiada en actividades pasadas, comienza a calcular las concentraciones de reactivos y productos en reacciones químicas, tomando como datos empíricos los representados en la tabla “Presiones parciales iniciales y de equilibrio de N_2O_4 y NO_2 a 100°C ”. Además, los estudiantes mencionan a qué conclusiones llegaron a partir del análisis de la información que presenta la tabla y cómo estos podría afectar a la constante de equilibrio.

Esta actividad de aprendizaje no estructura de forma explícita los siguientes elementos de la enseñanza: justificación de la enseñanza del contenido, dificultades/concepciones alternativas sobre el equilibrio químico, potencialidades de los recursos digitales usados para representar el contenido, e instrumentos específicos de evaluación.

CCD6: EQUILIBRIO QUÍMICO DINÁMICO EN LA VIDA COTIDIANA

Esta actividad de aprendizaje tiene como propósito de enseñanza que los estudiantes usen en otros contextos problemáticos los modelos mentales externalizados refinados en las anteriores actividades. Así, ellos son enfrentados a un contexto problemático de carácter industrial, el cual se centra en las perturbaciones del equilibrio de las reacciones químicas a través de cambios en temperatura y presión.

Esta CCD6 propone que los estudiantes logren los siguientes conocimientos/habilidades y/o metas de aprendizaje planteadas por la MEN:

- Investiga sobre procesos de la industria química que utilicen el principio de Le Châtelier para obtener compuestos químicos.
- Distingue las reacciones químicas unidireccionales de las reacciones químicas reversibles, en las que se establece un equilibrio químico.
- Interpreta el equilibrio químico como un proceso dinámico en el que la velocidad de formación de productos es igual a la velocidad de formación de reactivos.

El profesor en esta actividad le dará libertad a las parejas de trabajo para que consulte e investiguen sobre procesos de la industria química donde utilicen el principio de Le Châtelier para obtener compuestos químicos, y qué reacciones de la naturaleza fundamentales para la vida también consiguen llegar a un equilibrio químico. Además, que averigüen cómo se distingue las reacciones químicas unidireccionales de las reacciones químicas reversibles, en las que se establece un equilibrio químico en el funcionamiento de las pilas o baterías recargables y de las que no lo son. Desde luego, la meta es la de interpretar el equilibrio químico como un proceso dinámico en el que la velocidad de formación de productos es igual a la velocidad de formación de reactivos, con lo cual se pretende que el estudiante comience a indagar en que situaciones de la vida se da el equilibrio químico.

En esta actividad de aprendizaje no se documenta de forma explícita los siguientes elementos de la enseñanza: justificación de la enseñanza del contenido, dificultades/concepciones alternativas sobre el equilibrio químico, potencialidades de los recursos digitales usados para representar el contenido, e instrumentos específicos de evaluación.

Fuentes documentales

La metodología de investigación que orientó la implementación y evaluación del OA en cuestión es de carácter cualitativo e interpretativo por estudio de casos. Ahora bien, la recolección de la evidencia empírica de este estudio se realizó a través del uso intencional de diversas fuentes documentales. Por supuesto, esta estrategia permitió llevar a cabo el proceso de triangulación por fuente, el cual resulta importante a fin de darle una validez externa a los resultados de orden teórico y narrativos que documentaron la relación entre las intenciones de diseño, las acciones del profesor y los estudiantes y las metas de aprendizaje alcanzadas. En este sentido, las siguientes son las fuentes documentales de esta investigación: Características Claves del Diseño, observación participante, grabaciones de audio y video, diario reflexivo del profesor y trabajos de los estudiantes.

Características claves de diseño

Esta fuente se caracterizó por documentar la toma de decisiones curriculares e instruccionales que fundamentaron el diseño e implementación del OA en consideración. Esta se representó los elementos de la enseñanza, tales como: metas de aprendizaje, justificación de la enseñanza del tópico de equilibrio químico, dificultades/concepciones alternativas, recursos de

carácter analógico y digital, estrategias y modelos de enseñanza, y formas específicas de evaluación. El desarrollo teórico y metodológico de estos elementos permitió diseñar e implementar una secuencia de actividades de aprendizaje, las cuales representaron los conocimientos/habilidades que fundan al OA del equilibrio químico. Por supuesto, estas CCD fueron extraídas desde el material del profesor, el material del estudiante y la interfaz digital por medio de la cual se exhibe el OA bajo consideración. Finalmente, el contenido documentado por medio de las CCD es el punto de referencia para comparar las acciones y aprendizajes logrados durante la implementación del OA con el ánimo de llevar a cabo una evaluación formativa.

Observación participante

La observación participante (en adelante OP), ha sido una de las diferentes estrategias utilizada en las investigaciones antropológicas y sociológicas, caracterizada por las interacciones entre el investigador y el investigado, teniendo como aspecto central el rol del investigador, el cual está determinado en función del objetivo de la investigación y el medio en que se desarrolle. Sin embargo, es ineludible pensar que el rol del investigador no es inalterable, sino que este se redefine a lo largo de la investigación por los sujetos investigados, por lo cual se hace necesario una continua reflexión de los componentes de la situación, permitiendo la identificación del sentido, la orientación y dinámica de cada instante (Colmenares-E & Lourdes, 2008; Kawulich, 2005).

En ese mismo sentido, la OP es utilizada en asocio con el método cualitativo de investigación, esto debido a que esta unión permite el análisis y comprensión de datos que no son aprehendidos por otros métodos, teniendo como particularidad que está se puede desarrollar desde fuera o dentro del grupo investigado, es decir, puede ser exógena o endógena. Es exógena

cuando el investigador no hace parte del contexto social estudiado y es endógena cuando se generan lazos entre el grupo y el investigador generando un sistema de autoobservación. Sin embargo, la observación participante es el modo más representativo de los procedimientos de la observación exógena, dado a que el contacto del investigador con el fenómeno estudiado es directo, aproximándose desde las perspectivas de los sujetos, reduciendo la subjetividad que permea las investigaciones cualitativas (Sánchez-Serrano, 2013).

Esta estrategia responde de forma sustancial como fuente documental, dado a que el docente en formación toma el rol de investigador, el cual conceptualiza, interpreta y reflexiona sobre los sucesos relevantes de la implementación del OA en cuestión, el cual constituye el referente mediador, en el proceso de Enseñanza, Aprendizaje y Evaluación. Por tal motivo la implementación del OA estará inevitablemente sujeto a la interpretación y reflexión por el investigador. Así mismo, debe de tener un nivel de análisis en la toma de notas de campo acogiendo las diferentes interpretaciones durante la implementación del OA y de las actividades de aprendizaje seleccionadas para su implementación (Candela, 2012).

Videos de las sesiones de clase

El propósito de efectuar las grabaciones fílmica, está basada en la recolección de material e información de las interacciones de los estudiantes y el profesor durante la implementación y desarrollo de las actividades que estructura el OA “¿en qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio químico?”, cabe aclarar que la información tiene gran relevancia, ya que brinda elementos para dar respuesta a la PO1⁴: ¿En qué forma las intenciones de diseño representadas en el objeto de aprendizaje fueron implementadas? En este sentido, el objetivo de realizar las

⁴ Pregunta orientadora

grabaciones fílmicas es visualizar si las actividades del OA se desarrollaron de forma natural por el docente en formación y los estudiantes, además, estas grabaciones ayudaron a evidenciar como los estudiantes logran superar las dificultades y construir conocimientos sobre el concepto de equilibrio químico.

Cabe aclarar, que para llevar a cabo este estudio se contó con la previa autorización del rector de la institución educativa y profesora a cargo del curso de química, así como la de los padres de familia. Además, para evitar que la profesora y los estudiantes pudieran modificar sus comportamientos por la presencia del estudian-profesor, se contó con el periodo de investigación en el aula, el cual duro casi tres meses de interacción antes de la práctica docente de modo que no se provocarían cambios sustanciales que alterarán el fenómeno de estudio. De ahí que Roschelle (2000) citado por Alzaghibi (2010) propone minimizar las los datos fílmicos y solo tener en cuenta los sucesos más significantes, los cuales están constituidos por las acciones del profesor y los estudiante en términos de las decisiones de diseño, como se resume en las Características Claves de Diseño- CCD (véase Tabla 4). Conviene recalcar que, los videos al igual que las demás fuentes y el marco teórico de esta investigación, conforman la materia prima para la elaboración de descripciones y generalizaciones naturalísticas con las que se busca representar la implementación y evaluación del OA en cuestión

Diarios reflexivos del profesor

Esta fuente permite que el profesor en formación en el rol de investigador plasme de una forma escrita las reflexiones realizadas durante la realización de las actividades de aprendizaje que conforman el OA, al igual que los conocimientos/habilidades y/o metas de aprendizaje planteadas por la MEN que fueron logradas por los estudiantes. Esta situación posibilita que el

investigador tenga conciencia si las CCD son implementadas de forma clara y concisa. Cabe aclarar que es habitual considerar los diarios como instrumentos de reflexión, mediante estos se puede divisar las percepciones y acciones sobre el diseño del OA (dificultades, fortalezas, actividades), y de la misma forma poder exteriorizar las ideas y observaciones durante la implementación de este (potencialidades, dificultades, aspectos de las actividades). Aun cuando estos son criticados debido a su alto grado de subjetividad, el diario permite tener un tiempo para recordar lo que ha sucedido en la práctica, separar lo más importante de lo anecdótico, pensar sobre ello y buscar alternativas de cara al futuro. Así, el diario se convierte en un espacio individual de reflexión sobre la acción y de replanteamiento de nuevos retos y estrategias, además pueden ser empleados como una fuente secundaria para ser triangulada con otros hallazgos (Dehesa de Gyves, 2015).

Análisis de datos

Los estudios de diseño se identifican por la implementación de la metodología de investigación de carácter cualitativa e interpretativa, la cual es caracterizada por percibir y documentar las interacciones simbólicas que emergen entre el profesor-estudiantes y estudiantes-estudiantes estudiados a lo largo de la implementación del OA. Adicionalmente, esta perspectiva de investigación se caracteriza por hacer uso una diversidad de fuentes documentales (Leach, J. & Scott, P. 2002). Por todo esto, se considera que esta perspectiva de indagación es la más adecuada para dar solución a la problemática referente a la implementación y evaluación del OA en consideración.

Por tanto, esta metodología direccionó la recolección y análisis de la base empírica de carácter cualitativo durante la implementación del OA. Para ello, se tomó como referencia lo que

se pretende y es implementado (PO1⁵) y lo que se proyecta y es logrado durante la implementación (PO2⁶). Por supuesto, dicha recolección de datos se llevó a cabo a través de varias fuentes (p. ej., Características Claves del Diseño, observación participante, grabaciones de audio y video, diario reflexivo del profesor y trabajos de los estudiantes.), las cuales son trianguladas con el fin de brindar confiabilidad y validez a los resultados generados en la investigación. Desde luego, esta situación les dio a los resultados de carácter narrativos (que retratan la implementación y evaluación formativa) una especie de validez externa o generalización naturalística. Es decir, teniendo presente la información documentada en la sección de metodología de este estudio, otros investigadores pueden replicarlo en otros contextos y posteriormente comparar los resultados con los de esta investigación.

Así pues, la información fue recolectada por medio de las características Claves del Diseño, observación participante, grabaciones de audio y video, diario reflexivo del profesor y trabajos de los estudiantes (Véase Fuentes Documentales) en los cuales se representan las relaciones entre los elementos de la enseñanza (tópicos, metas de aprendizaje, estrategias instruccionales, dificultades/limitaciones, concepciones alternativas, formas de evaluación).

Ahora bien, el análisis de estos datos fueron la base para llevar a cabo el modelo tripartito de la efectividad (Véase Fase De Evaluación), cuya dinámica descansa en tres elementos: las intenciones de diseño, las acciones llevadas a cabo por los profesores y los estudiantes, y los logros alcanzados por los estudiantes (Véase figura 2 Fase De Evaluación). De acuerdo con lo anterior, la fiabilidad y rigor de los resultados obtenidos se sustentan por un proceso de triangulación de fuentes y métodos, para la comprensión e interpretación del objeto de estudio

⁵ ¿En qué forma las intenciones de diseño representadas en el OA fueron implementadas?

⁶ ¿Cuáles fueron las metas de aprendizajes referentes al equilibrio químicos alcanzadas por los estudiantes de grado décimo?

(Okuda-Benavides & Gómez-Restrepo, 2005). Así pues, esta sección tiene como propósito dar respuesta a la pregunta de investigación ¿Qué incidencia tiene la implementación del OA, titulado: ¿en qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio químico, en la comprensión de este concepto en los estudiantes de decimo?

La intención de analizar los resultados obtenidos en las fuentes documentales está dada a responder la PO1⁷, ya que esta busca establecer la concurrencia entre lo diseñado en la secuencia de enseñanza y lo implementado. Por consiguiente, se hace necesario confrontar las intenciones de diseño del OA planteadas en el material del profesor, en la interfaz y sintetizadas a través de las Características Claves de Diseño (CCD); con las acciones del profesor y los estudiantes durante la práctica, y lo aprendido por ellos. Convirtiéndose estas en el punto de partida en la evaluación de la efectividad del OA, permitiendo visualizar cuanto de lo diseñado es puesto en escena o sustituido por otras actividades, y que metas de aprendizaje fueron logradas por los estudiantes.

Conviene subrayar que, a lo largo de la implementación de las actividades de aprendizaje la observación se focalizó en aquellos eventos críticos que se encontraron estrechamente relacionados con el problema y el marco teórico, a saber: acciones pedagógicas del profesor, acciones inteligentes de los estudiantes, y aprendizajes alcanzados por los aprendices. Por supuesto, muchos de estos eventos fueron conjeturados por la toma de decisiones curriculares e instruccionales que fundamentaron el OA en cuestión. Sin embargo, también se documentaron las acciones del profesor y los estudiantes que no se habían conjeturado, sino, que se generaron durante la implementación a fin de superar algunas dificultades referentes a la enseñanza y

⁷ pregunta orientadora 1: ¿En qué forma las intenciones de diseño representadas en el OA fueron implementadas?

aprendizaje del equilibrio químico. Desde luego, este aspecto resultó clave con el ánimo de realizar una evaluación formativa al OA.

En razón a lo anterior, el análisis de la base empírica recolectada a través de las diferentes fuentes documentales se realizó teniendo en cuenta el problema y los objetivos de investigación junto con el marco teórico. Para ello, se utilizó la perspectiva del análisis comparativo (Strauss & Corbin, 2016), la cual permitió hacer un análisis comparativo constante entre las propiedades de las CCD y las unidades de análisis provenientes de todas las fuentes documentales. Por supuesto, esta estrategia analítica agenció la producción de una serie de hipótesis o temas que documentaron la relación sinérgica entre las intenciones de diseño, las acciones del profesor y los estudiantes y los aprendizajes alcanzados.

El desarrollo de esta perspectiva analítica estuvo configurado por las siguientes tareas de análisis:

- Clasificación de la información recolectada a través de las diferentes fuentes documentales.
- Lectura reflexiva de los documentos obtenidos de las diferentes fuentes documentales, con el fin de hallar coincidencias entre lo diseñado y la secuencia de enseñanza y lo implementado, además de lo aprendido por los estudiantes. Para ello, se toma de referencia el problema y el marco conceptual de este estudio, permitiendo la debida codificación y registro de los códigos alineados con el problema de estudio. Conviene subrayar que, los códigos se generaron desde la pregunta de investigación y el marco teórico de este estudio.
- Lectura y relectura a los códigos registrados con el fin de revelar el nivel de concurrencia entre las intenciones de diseño del Objeto de Aprendizaje, las acciones

del profesor y los estudiantes durante la implementación y, los resultados alcanzados por los estudiantes.

- Relacionar o adscribir los diferentes códigos con sus respectivas unidades de análisis a cada una de las CCD. Esta acción analítica tuvo la intención de generar una teoría naturalística que permitió documentar la relación entre lo diseñado, lo implementado y lo aprendido con la intención de evaluar el OA y sugerir un posible rediseño de éste.

CAPITULO IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo tiene como intención dar respuesta a la pregunta de investigación ¿Qué incidencia tiene la implementación del OA titulado *¿en qué se parecen el equilibrio físico y el equilibrio químico?*, en la comprensión de este concepto en los estudiantes de decimo? Con este fin, se realizó la recolección y el análisis de las evidencias empíricas de carácter cualitativo, tales como: Características Claves del Diseño (CCD), observación participante, grabaciones de audio y video de las sesiones de clase, diario reflexivo del profesor y trabajos de los estudiantes.

Así pues, este capítulo se compone de seis apartados los cuales están direccionados por las CCD que fundamentan el OA en cuestión. En este sentido, la macroestructura propuesta para documentar las interacciones simbólicas entre los estudiante-estudiante y profesor-estudiantes acontecidas durante la implementación OA está configurada por: la descripción sucinta de las intenciones de diseño que sustentan el material del profesor y la interfaz digital del OA; la descripción y documentación de las acciones del profesor y los estudiantes durante la implementación, ligadas a los aprendizajes logrados por ellos; y una reflexión acerca de la

correspondencia entre lo diseñado, lo implementado y lo aprendido por los estudiantes durante la implementación.

Característica clave de diseño 1: introducción. La temperatura como factor que condiciona la velocidad de las reacciones bioquímicas

Figura 3. Captura de pantalla de la sección del OA “Introducción”



Nota. Tomada de Ministerio de Educación Nacional (2016) <https://acortar.link/XtcJMM>

En las intenciones de diseño se prescribe que el profesor daría comienzo a la clase organizando a los estudiantes en pequeños grupos de discusión, y les pediría leer un texto en un libro interactivo, el cual relaciona las velocidades de las reacciones químicas con la temperatura del cuerpo humano. El propósito de hacer esto sería lograr que los estudiantes evidenciaran la influencia que la temperatura ejerce en la velocidad de las reacciones químicas, y hacerles una

introducción a las reacciones químicas reversibles. El docente se movería entre estos pequeños grupos, a fin de hacer un monitoreo del nivel de comprensión y confusión de los estudiantes.

Una vez ellos terminen de leer y dar sentido al texto, el maestro les solicitaría responder algunas preguntas con el propósito de generarles la necesidad de aprender sobre el equilibrio químico. Después de resolver las preguntas, el profesor suscitaría y orientaría la discusión con la finalidad de brindar a los estudiantes la oportunidad de comenzar a comprender las reacciones reversibles desde el caso trabajado.

Para terminar, el docente les pediría a los estudiantes formular los objetivos de estudiar este fenómeno químico. Luego de que los estudiantes enuncien sus posibles objetivos, el maestro les mostraría el objetivo general prescrito por el OA “Analizar en términos energéticos y cinéticos las reacciones químicas reversibles”, y lo compararía con los objetivos formulados por los estudiantes (Ver tabla 5, *Características Claves del Diseño en sección introducción*).

En cuanto a las acciones realizadas en el aula, el profesor decidió iniciar haciendo una introducción a los estudiantes acerca del OA a implementar, explicándoles su estructura y funcionamiento. Esto llamó la atención de los jóvenes debido a que implicaba el uso de la conectividad y de artefactos como el computador y las tablets disponibles en el laboratorio. De hecho, uno de los jóvenes preguntó si todas las clases del tema iban a ser usando el OA, a lo que el docente contestó que sí, y que además contarían con un material impreso que serviría de apoyo para realizar varias actividades.

Luego de esta introducción, el maestro procedió a organizar a los estudiantes en pequeños grupos de discusión y a entregar una tablet a cada grupo. También, les entregó el material del estudiante impreso, y les pidió responder las preguntas que aparecen al inicio de este: ¿Has

intentado sostener alguna vez un libro sobre tu cabeza intentando no dejarlo caer? ¿Has visto a las malabaristas logrando sostener montones de pelotas en diferentes partes de su cuerpo... al mismo tiempo? Esto lo hizo con el objetivo de introducir a los estudiantes en el concepto de equilibrio químico y evocar sus conocimientos previos al respecto. Algunos de ellos se colocaron de pie y pusieron sus cuadernos sobre sus cabezas, tratando de hacer lo indicado en la pregunta, y otros manifestaron que habían visto en los semáforos a personas haciendo malabares con diferentes elementos.

El profesor indicó continuar con la lectura del texto ubicado en el material impreso y que después le dijeran cuál era el objetivo que los estudiantes consideraban que tenía el aprendizaje de este contenido. Uno de los estudiantes respondió que era aprender sobre equilibrio, y otro compañero lo complementó diciendo que el propósito era entender que el lograr equilibrio es difícil.

En este punto, el docente pidió a los estudiantes prender las tablets e ingresar a la dirección web en la que está ubicada el OA. Sin embargo, los estudiantes no lograron entrar dado que, como era la primera vez que las tablets del laboratorio eran utilizadas, no tenían guardada la contraseña de la red WiFi de la institución, la cual es utilizada solo para la parte administrativa, según lo manifestado por los jóvenes. Ante esta situación, el maestro habló con la coordinación y acordaron desarrollar sus clases en la sala de sistemas que consta de 20 computadores conectados a internet.

Una vez acomodados en la sala de sistemas, profesor solicitó a los pequeños grupos hacer una lectura comprensiva del libro interactivo ubicado en el apartado *Introducción* del OA, en el cual se relacionan las velocidades de las reacciones químicas con la temperatura del cuerpo humano. El maestro les pidió tomar apuntes de las ideas principales desarrolladas en la lectura, a

fin de poder retomar dichas ideas cuando fueran a responder las preguntas posteriores al texto.

Los estudiantes manifestaron que la letra del libro era muy pequeña, frente a lo cual el profesor les indicó que podían leer el mismo texto en el material impreso.

Terminada la lectura, el maestro requirió a los estudiantes dar respuesta a las preguntas plasmadas en la segunda pestaña del OA, de acuerdo a la comprensión que habían logrado del texto leído. Después de contestadas las preguntas, el docente organizó el aula en una estructura interactiva-dialógica, con el fin de fomentar, bajo su orientación, el diálogo y la discusión entre los jóvenes sobre la velocidad de las reacciones y la temperatura. De esta forma, el maestro buscó ayudarlos a comenzar a evolucionar sus concepciones alternativas hacia explicaciones más cercanas a las brindadas por la ciencia sobre el equilibrio químico. En la siguiente viñeta se puede observar cómo el profesor formuló preguntas a los estudiantes para fomentar el debate y el diálogo entre ellos:

Profesor: Para ustedes, según lo leído y comprendido ¿Qué es el equilibrio químico?

Estudiante 1: Profe, por ejemplo, en la lectura hablan de que el equilibrio en el cuerpo se puede afectar por un factor como la temperatura. Cuando en el cuerpo se aumenta unos grados centígrados, este sufre de fiebre, y cuando disminuye la temperatura en el cuerpo, este experimenta la hipotermia.

Profesor: ¿Y será que lograr el estado de equilibrio es difícil?

Estudiante 2: El equilibrio no es algo fácil, se logra con práctica y tiempo para una buena preparación. A veces vemos personas que tienen buen equilibrio y es porque lo han desarrollado con la simple práctica. Entonces podemos ver que el

equilibrio no es algo fácil como pensamos, sino que requiere de una buena preparación.

Profesor: Pero bueno, volviendo a lo que nos presentó la lectura ¿Por qué creen que es importante mantener el equilibrio en nuestros cuerpos?

Estudiante 3: El equilibrio en nuestro cuerpo es importante porque evita que nos enfermemos. Gracias a la intervención de enzimas que funcionan como catalizadores para acelerar las reacciones químicas que ocurren en nuestros cuerpos, estos se mantienen en equilibrio y podemos realizar nuestras actividades diarias

(Video de clase, octubre 15 del 2018).

Para cerrar la clase, el profesor pidió a los estudiantes escribir los objetivos que ellos creían que podrían alcanzar con el estudio de este fenómeno químico, solicitándoles hacer uso de sus propias palabras. Esto deja en evidencia que para el maestro es importante permitirles construir sus razones para aprender sobre el equilibrio químico, de modo que tengan la posibilidad de autorregular su aprendizaje. Al hacer partícipes a los estudiantes de la construcción de las metas de aprendizaje, se fomenta la autoevaluación, puesto que ellos mismos plantean lo que esperan lograr, y pueden definir junto con el docente, acciones académicas que les permitan avanzar hasta donde quieren llegar. Además, esto posibilita que el profesor adapte su enseñanza a los intereses y necesidades de sus estudiantes (Romero et al., 2018).

Cuando los jóvenes terminaron la redacción de sus objetivos, el profesor les solicitó a varios estudiantes hacer lectura de sus objetivos, y luego les dio a conocer la meta propuesta desde el material, con la finalidad de hacer un contraste entre esta meta y los objetivos

planteados por los estudiantes. Esto le permitió al profesor percatarse de que muchos estudiantes se habían acercado al objetivo propio del OA. El siguiente diálogo se encuentra alineado con el anterior presupuesto:

Profesor: Jóvenes para ustedes ¿cuál sería el objetivo de la actividad?

E1: El objetivo es evidenciar que las reacciones químicas necesitan ayuda de enzimas o catalizadores para suceder, ya que estas aumentan la velocidad de la reacción.

E2: El objetivo es ver cómo los reactivos producen productos, pero algunas veces estos productos se vuelven a transformar en los reactivos.

E3: El objetivo es comprender cómo se produce el equilibrio en las reacciones químicas a través de los catalizadores y la temperatura.

Profesor: Ahora bien, el objetivo planteado por el OA es analizar en términos energéticos y cinéticos las reacciones químicas reversibles ¿Creen que los objetivos mencionados por ustedes concuerdan con el que yo les acabo de plantear?

E1: Sí profesor, porque nosotros hablamos de reacciones.

E2: Uhm, yo creo que sí, porque los compañeros están hablando de las partes que componen el equilibrio, como los reactivos y la temperatura.

(Video de clase, octubre 15 del 2018).

Con relación a la correspondencia entre lo diseñado y lo implementado en la clase, es posible concluir que el profesor implementó las actividades tal y como estaban planteadas en el

material de enseñanza, al considerarlas adecuadas para introducir a los estudiantes en el tema bajo estudio. También, se evidencia que el maestro incluyó una breve introducción referente a la conceptualización de los OA, aspecto que no estaba previsto en las intenciones de diseño, puesto que él se dio cuenta de que los estudiantes no tenían conocimiento sobre este tipo de recursos educativos digitales, y no utilizan con frecuencia en sus clases dispositivos electrónicos ni la conectividad.

Asimismo, se observa que el docente enriqueció el desarrollo de las actividades con la utilización de estrategias provenientes de la pedagogía general, como la técnica de formular preguntas abiertas y distribuirlas entre diferentes estudiantes para suscitar la discusión de ideas y promover la construcción de aprendizajes significativos (orientación de enseñanza dialógica). Esto aportó a alcanzar la comprensión del conocimiento/habilidad representada en esta CCD. Además, se reconoce que tanto el OA como el profesor, poseen la fortaleza de usar contextos problemáticos contextualizados y situados cercanos al mundo de la vida de los estudiantes, iniciando el abordaje del tema desde el nivel macroscópico para relacionarlo poco a poco con aspectos más abstractos, propios de los niveles submicroscópico y simbólico. En la siguiente viñeta, el docente expone sus razones para implementar actividades de aprendizaje de carácter situado y contextualizado:

Considero que el aprendizaje de la química requiere que sus fenómenos, inicialmente, sean representados a través de situaciones provenientes del entorno cotidiano del estudiante. El uso de estas situaciones en el aula ayuda a que el estudiante evolucione las ideas que trae sobre el fenómeno bajo estudio, las cuales se han formado a partir de distintas experiencias en su contexto real. En este sentido, las ideas previas o concepciones alternativas son el punto de inicio para lograr la comprensión del fenómeno

químico. La naturaleza abstracta del mismo hace necesario que, en lo posible, los diferentes conceptos asociados al equilibrio químico sean abordados mediante un auténtico problema, con el propósito de que el estudiante pueda hablar del fenómeno sin tener que recurrir a un lenguaje técnico o abstracto. En resumen, dar a los estudiantes la posibilidad de poner en discusión sus concepciones mediante actividades situadas, permite que puedan reflexionar sobre ellas e ir las modificando poco a poco hasta acercarse a un modelo más elaborado (Entrevista al docente, octubre 23 del 2018).

Para finalizar, vale la pena destacar que tanto el material educativo como el profesor, brindan a los estudiantes la posibilidad de comenzar a tomar consciencia del propósito pedagógico del estudio del fenómeno del equilibrio químico. Este aspecto tiene gran importancia, dado que, si los estudiantes se apropian de las metas de aprendizaje, pueden orientar su trabajo hacia alcanzarlas durante el proceso de enseñanza-aprendizaje en clase. De este modo, se fortalece el compromiso de los estudiantes con su proceso de aprendizaje, aprendiendo más fácilmente acerca del fenómeno abordado. Además, entender la importancia de estudiar el equilibrio químico permitirá a los estudiantes no solo tener un mayor conocimiento sobre el concepto de reacción química, sino, también, les facilitará comprender los diversos sistemas en equilibrio que hacen parte de su entorno, tanto naturales como de importancia industrial (p. ej. la formación de la capa de ozono, la regulación del pH en la sangre, la adaptación al mal de altura) (Huerta & Irazoque, 2009)

Característica clave de diseño 2: cinética química. Un caso con el peróxido de hidrógeno.

Figura 4. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 1”



Nota. Tomada de Ministerio de Educación Nacional (2016) <https://acortar.link/qSTJAn>

De acuerdo con las intenciones de diseño del material, el profesor organizaría a los estudiantes en pequeños grupos de discusión y les solicitaría leer un texto y una historieta, para luego motivarlos a discutir utilizando algunas preguntas problema. Esta actividad tiene como objetivo introducir la velocidad de las reacciones químicas en las reacciones unidireccionales, a fin de apoyar el aprendizaje conceptual de la velocidad inversa en las reacciones reversibles. Para desarrollar esta actividad, los estudiantes deberán hacer uso de sus conocimientos previos sobre las reacciones químicas, específicamente acerca de la manera en la que los reactivos y productos cambian su concentración con el paso del tiempo.

Luego de haber resuelto y discutido las preguntas, el maestro presentaría dos gráficas que muestran lo que ocurre con la energía a través del tiempo en las reacciones endotérmicas y exotérmicas. Con ayuda del docente, los estudiantes en sus pequeños grupos harían la interpretación de estas. Además, en el material del estudiante se cuenta con un texto acerca de la teoría de colisiones y la energía de activación, y otro texto sobre la teoría del complejo activado. Estos serían leídos por los estudiantes para luego responder algunas preguntas que servirán para motivar la discusión con toda la clase sobre las ideas comprendidas por parte de los jóvenes hasta ese momento. La finalidad de esta actividad es que, mediante la discusión, el profesor ayude a los estudiantes a llegar al modelo matemático que desde la ciencia se ha establecido para representar la velocidad de la reacción (Ver tabla 5, *Características Claves del Diseño en sección cinética química. Un caso con el peróxido de hidrógeno*).

Con respecto a las acciones efectuadas en el aula, el docente comenzó organizando a los estudiantes en pequeños grupos de discusión y entregándoles el material del estudiante impreso. Ya ubicado cada grupo en su respectivo computador, el profesor les pidió ingresar al OA y hacer la lectura sobre el peróxido de hidrógeno, tomando nota de las ideas que consideraran importantes. Luego de culminar esta lectura, el maestro los invitó a leer una historieta en el OA, denominada “Manuela y el peróxido de oxígeno”. Después, los estudiantes procedieron a responder las preguntas ubicadas en la pestaña 4 de esta sección del OA, haciendo uso de los apuntes realizados en las dos lecturas anteriores y de la comprensión que habían obtenido hasta ese entonces. La intención del docente con esta actividad de aprendizaje era introducir a los jóvenes en el fenómeno de la velocidad de las reacciones químicas desde las reacciones unidireccionales. A continuación, se muestran algunas de las respuestas que brindaron los estudiantes al profesor:

Profesor: ¿Qué sustancias constituyen el agua oxigenada?

E1: El agua oxigenada, o también llamada peróxido de hidrogeno, está formada por dos átomos de oxígeno y dos de hidrogeno.

E2: Son dos moléculas de hidrogeno y dos de moléculas de oxígeno.

E3: El agua oxigenada tiene como sustancias el peróxido de hidrogeno, el cual está compuesto por dos de hidrogeno y dos de oxígeno.

Profesor: ¿Qué explicación le dan al sonido que se provocó cuando Manuela destapó el agua oxigenada?

E1: El agua oxigenada estaba encima del horno a una temperatura alta, lo que hizo que el calor provocara una reacción que hizo que el oxígeno del agua se convirtiera en gas. Entonces claro al destapar el frasco, todo el gas acumulado dentro de éste salió, provocando el sonido.

E2: Al exponer por mucho tiempo el frasco de agua oxigenada a una temperatura mayor, éste acumula gas. Al destaparse el frasco, este gas produce un sonido al escapar del mismo.

E3: El sonido se produjo cuando las moléculas se liberaron del recipiente por motivo del calor del horno. Este calor produjo una presión en el recipiente y al destaparse, esta presión produjo el sonido.

Profesor: ¿Por qué creen que se vence el agua oxigenada?

E1: Porque al ser destapada pierde la oxigenación y se convierte en agua, dejando de burbujear y perdiendo la propiedad que esperamos.

E2: Porque pierde el oxígeno y se vuelve agua.

E3: El agua oxigenada se vence porque, con el tiempo y la temperatura, uno de los componentes desaparece, quedando uno solo

(Video de clase, octubre 24 del 2018).

Una vez terminaron de dar respuesta a las preguntas, el profesor implementó una estructura interactiva-dialógica para dar lugar a la discusión entre los estudiantes sobre la velocidad de las reacciones químicas en las reacciones unidireccionales. Así, el maestro orientó el diálogo de tal manera que los jóvenes tuvieron la oportunidad de continuar extendiendo su comprensión acerca de los conceptos fundamentales del fenómeno químico bajo estudio.

El docente prosiguió con la presentación de dos gráficas que representan cómo se comporta la velocidad tanto en reacciones exotérmicas como endotérmicas. Si bien lo prescrito desde las intenciones de diseño es que los estudiantes hagan una interpretación de estas gráficas, el momento en el que el profesor intentó que sus estudiantes las interpretarían, se encontró con diferentes dificultades por parte de los jóvenes para leer y comprender este tipo de recurso semiótico. Frente a esta situación, el maestro decidió explicarles los elementos que usualmente componen a una gráfica y cómo leerla. Esto les permitió a los jóvenes contar con el conocimiento suficiente para comenzar a interpretar las gráficas dispuestas en el OA.

Luego de lograr interpretar ambas gráficas, el docente les indicó a los estudiantes que harían lectura en voz alta de dos textos en el material del estudiante, los cuales les ayudarían a comprender mejor el modelo matemático que se ha definido desde la química para representar la velocidad de una reacción. Durante la lectura, el maestro intervino a fin de aclarar ciertos aspectos mencionados en ella y resolver las dudas de los estudiantes. Al finalizar la lectura, les solicitó contestar por escrito dos interrogantes plasmados en el material del estudiante, cuyas

respuestas fueron socializadas y discutidas, cerrando la clase con algunas conclusiones sobre el tema abordado.

Referente a la correlación entre las intenciones de diseño, las acciones implementadas en el aula y los aprendizajes logrados por los estudiantes, se concluye que el profesor tomó la decisión de realizar en su clase todas las actividades de aprendizaje planteadas para esta CCD. Conviene subrayar la relevancia que le otorgó el docente a la práctica de leer textos multimodales como las gráficas durante el desarrollo de estas actividades. Cuando se percató de que los estudiantes no comprendían las gráficas sobre el comportamiento de la velocidad en las reacciones exotérmicas y endotérmicas, el maestro reflexionó en la acción y decidió instruirlos sobre cómo hacer la lectura de un texto multimodal como la gráfica. Vale aclarar que esta decisión pedagógica no se encuentra conjeturada en las intenciones de diseño del OA, sino que hace parte del sistema de conocimientos, creencias y valores del profesor que implementa el material educativo. De esta forma, se evidencia que para el docente resulta clave que los estudiantes, además de apropiarse los conocimientos de las ciencias, también logren desarrollar y hacer un uso intencional de las habilidades semióticas.

Característica clave de diseño 3: reacciones reversibles y equilibrio químico.

Figura 5. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 2”



Nota. Tomada de Ministerio de Educación Nacional (2016) <https://acortar.link/yx88lV>

Desde las intenciones de diseño, se determina que la finalidad de abordar estos conceptos es que los estudiantes conceptualicen las reacciones reversibles como un tipo de reacciones en las que los reactivos se convierten en productos que, a su vez, pueden convertirse en los reactivos que los produjeron, estableciendo así un equilibrio químico dinámico. Para ello, el profesor, apoyado en una diapositiva del OA, les presentaría a los estudiantes la situación de la reacción reversible en la que la hemoglobina reacciona con el oxígeno para formar oxihemoglobina, y los organizaría en pequeños grupos de discusión para que resolvieran dos tareas problema asociadas a dicha situación. Las soluciones a estas tareas serían socializadas a través de una discusión en el aula, durante la cual el docente retomaría las respuestas más alineadas con el modelo teórico

sobre las reacciones reversibles e irreversibles. Con esto, el maestro tendría el objetivo de acercar a los estudiantes a lo que plantea la ciencia al respecto y construir con ellos la ecuación química de la reacción estudiada.

Finalizada esta discusión, el profesor les pediría conceptualizar las reacciones reversibles e irreversibles teniendo en cuenta términos como reactivos, productos, átomos, moléculas, energía, enlaces químicos. Después, el docente utilizaría con los estudiantes un recurso interactivo para fortalecer en ellos el concepto de reacciones reversibles y que las puedan distinguir de las irreversibles. Dicho recurso permite que diferentes fichas con frases como “Ocurre en dos direcciones” o “La combustión es ejemplo de ellas”, sean arrastradas hacia alguna de las dos opciones: Reacción Reversible o Reacción Irreversible.

Otro propósito del OA para trabajar estos conceptos es que los jóvenes conceptualicen el equilibrio químico como un proceso dinámico que sucede a lo largo de una reacción química reversible y conceptualicen la constante de equilibrio. Con este fin, el maestro proyectaría una animación que representa la síntesis del amoníaco mediante los niveles de representación submicroscópico y simbólico, aclarando a los estudiantes que se trata de una reacción de tipo reversible. Esta animación muestra el transcurso de la producción de amoníaco a nivel submicroscópico a una temperatura de 200°C. Una vez terminada esta visualización, el profesor les solicitaría a los jóvenes que, tomando en cuenta la información brindada durante la animación, respondan tres preguntas asociadas a la misma en el material del estudiante.

El docente aprovecharía el contenido de la animación y las respuestas brindadas por los estudiantes para construir junto con ellos el modelo teórico de la constante de equilibrio de la reacción. Adicionalmente, emplearía el texto expositivo denominado “Las Reacciones Reversibles”, ubicado en el material del estudiante para tal fin. Y, culminaría la lección con la

puesta en discusión de la siguiente pregunta: Según lo leído ¿Cuál sería la expresión de equilibrio para la reacción de la animación? (Ver tabla 5, *Características Claves del Diseño en sección reacciones reversibles y equilibrio químico*).

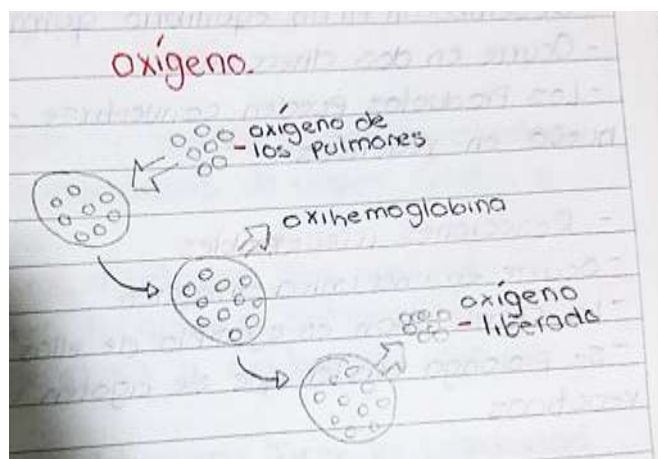
Ahora bien, sobre las acciones llevadas a cabo en el aula, el maestro comenzó indicando a los estudiantes que la actividad de esa clase tenía como objetivo que ellos conceptualizaran la reacción reversible como un tipo de reacción en la que los reactivos logran convertirse en productos y estos, a su vez, pueden convertirse en los reactivos que los produjeron, creando un equilibrio químico dinámico. Además, les dijo que con esta actividad buscaba que ellos distinguieran las reacciones reversibles de las irreversibles. Así pues, les solicitó que conformaran parejas de trabajo y leyeran un texto corto del libro interactivo dentro del OA, para lo cual les advirtió que era útil traer a colación la primera lectura que realizaron en la actividad introductoria (el principio de la intertextualidad).

En este momento de la implementación el profesor introdujo un cambio a la secuencia de actividades de aprendizaje de esta CCD, dado que, consideró que primero era necesario ampliar la información brindada en esa lectura para que los jóvenes contaran con herramientas conceptuales suficientes que les permitieran resolver las tareas problema de lectura. Por tal motivo, procedió a explicarles porque la unión entre el oxígeno y la hemoglobina era una reacción reversible. Luego, en conjunto con los estudiantes, hizo la construcción de la ecuación química de esta reacción. Con esta información clara, el docente pidió a las parejas de trabajo que contestaran las dos preguntas presentadas en la interfaz digital del OA. A continuación, se muestran algunas de las respuestas que dieron los estudiantes.

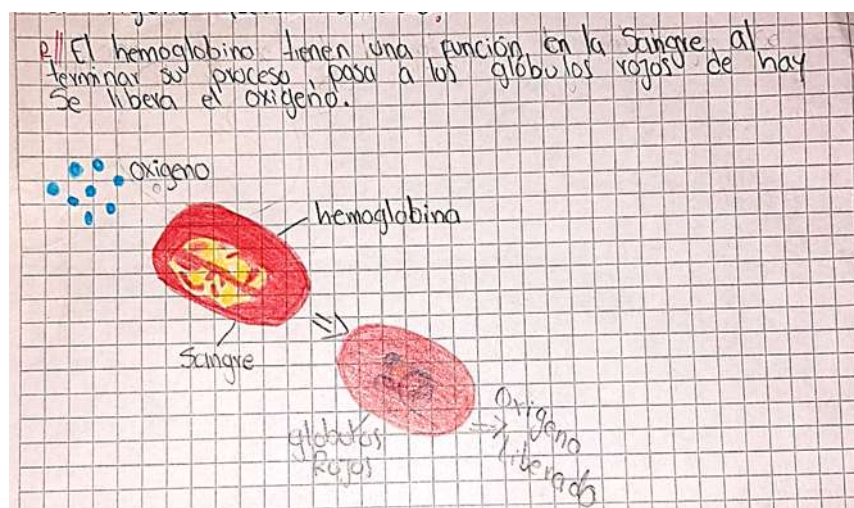
Pregunta 1: En términos de reacción química y a nivel submicroscópico, ¿qué ocurrió con las moléculas de oxihemoglobina para que el oxígeno fuera

liberado? Represéntalo de una forma molecular y simbólica. Para ello puedes utilizar dibujos que simplifiquen la representación de las moléculas.

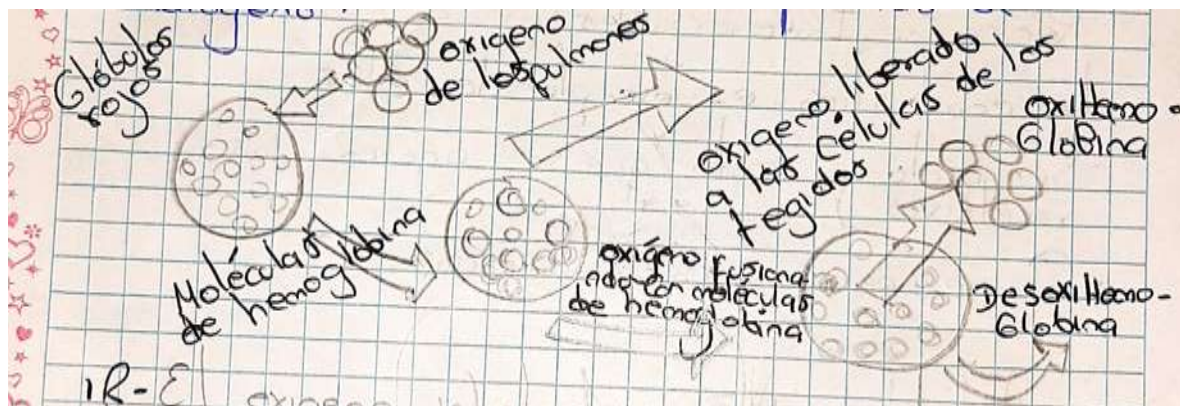
E1:



E2:



E3:



Pregunta 2: ¿Qué diferencia encuentras entre esta reacción y la reacción del peróxido de hidrógeno?

E1: En esta reacción se recoge y libera oxígeno, mientras que en la reacción del peróxido de hidrogeno solo se libera oxígeno.

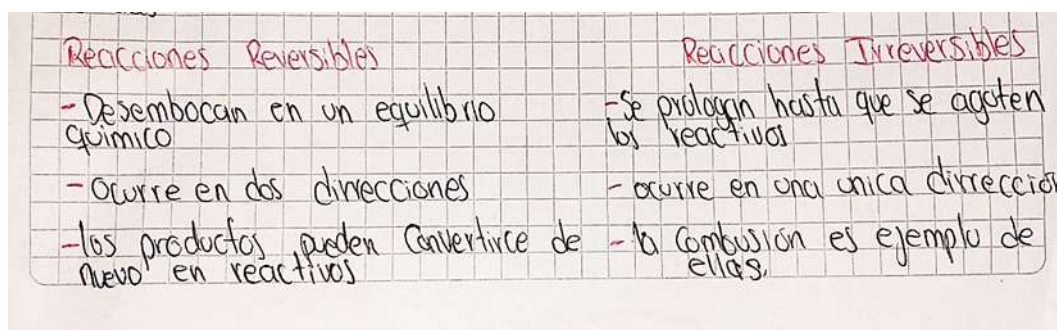
E2: La diferencia está en los elementos y en la cantidad de átomos que hay en cada reacción.

E3: La diferencia es que uno está en forma de gas (el oxígeno) y el otro está en forma líquida. Al estar en estados diferentes, poseen propiedades diferentes (Trabajos de los estudiantes, noviembre 2 del 2018).

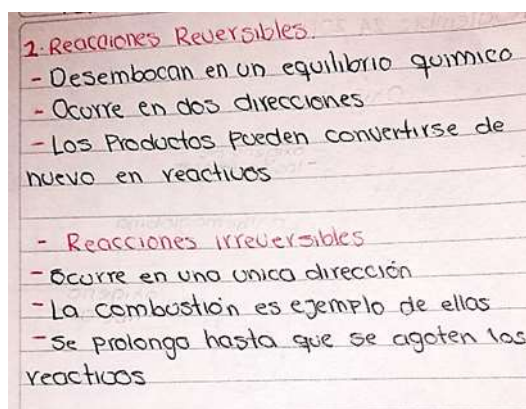
Las respuestas que construyeron las parejas de trabajo fueron socializadas y discutidas bajo la orientación del maestro. Las conclusiones que surgieron durante esta socialización le hicieron saber al profesor que los jóvenes ya podían empezar a conceptualizar sobre las reacciones reversibles e irreversibles, para lo cual decidió apoyarse en el recurso interactivo de arrastre de la interfaz del OA. Primero, les solicitó a los estudiantes que, de manera individual, escribieran en sus cuadernos cada concepto (Reacción reversible, Reacción irreversible) y ubicaran en cada uno las frases que le correspondían; luego, bajo una organización de discusión

con toda la clase, el docente comenzó a arrastrar cada frase de acuerdo con las indicaciones que le daban los estudiantes, quienes manifestaban en cada caso la razón para ubicar la frase en determinado concepto. En la siguiente viñeta se puede observar cómo algunos estudiantes organizaron en sus cuadernos las frases dentro de cada concepto.

E1:



E2:



(Trabajos de los estudiantes, noviembre 2 del 2018).

El docente prosiguió a complementar lo discutido hasta ese momento con el uso de un texto multimodal, proyectando a los estudiantes una animación sobre la síntesis del amoníaco a partir de la reacción del nitrógeno con el hidrógeno. Para ello, organizó el aula bajo una estructura interactiva-dialógica y decidió dividir la visualización de dicha animación en cuatro segmentos o episodios críticos, a los que les relacionó algunas preguntas abiertas. Entonces,

durante cada episodio crítico pausó su reproducción a fin de destacar ciertos sucesos y profundizarlos. Asimismo, utilizó en estas pausas las preguntas abiertas para suscitar discusiones entre los jóvenes. La intencionalidad del maestro con ello fue pasar de una animación centrada en el contenido, a un trabajo en el aula centrado en el estudiante.

Cuando terminaron de dialogar sobre el contenido de la animación, el profesor requirió a los estudiantes organizarse en parejas para resolver tres preguntas planteadas en el material del estudiante. En seguida, es posible observar algunas de las respuestas que brindaron los estudiantes a estos interrogantes relacionados con la temática trabajada en la animación.

Pregunta 1: Explica qué pasa en cada uno de los tiempos de reacción y el cambio que hay entre ellos ¿Por qué en el tiempo tres no cambian las concentraciones de reactivos y productos? Para ello, ten en cuenta la concentración y la velocidad de la reacción directa e inversa.

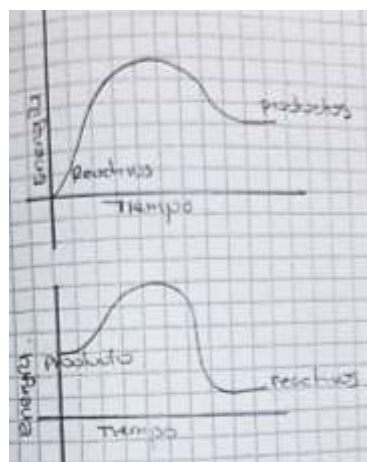
E1: Porque en el tiempo tres el producto empieza a reaccionar para formar de nuevo nitrógeno e hidrógeno.

E2: En el tiempo tres se puede ver que el amoníaco como producto se empieza a descomponer para formar de nuevo nitrógeno e hidrógeno.

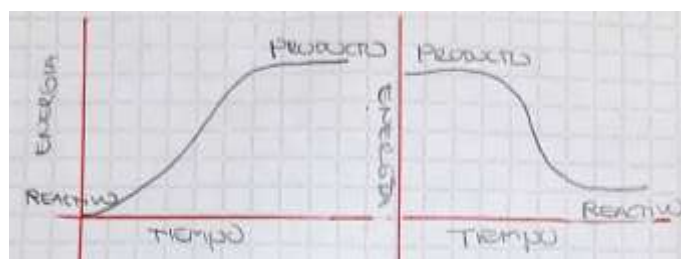
E3: Podemos decir que la reacción comienza a revertirse. Es decir, como ya se formó el amoníaco, este tiende a volver a los reactivos, que son el oxígeno y el hidrógeno.

Pregunta 2: Con lo anterior, grafica la concentración (cambios de reactivos y productos) y la velocidad de la reacción reversible (reacción directa e inversa) en el transcurso del tiempo.

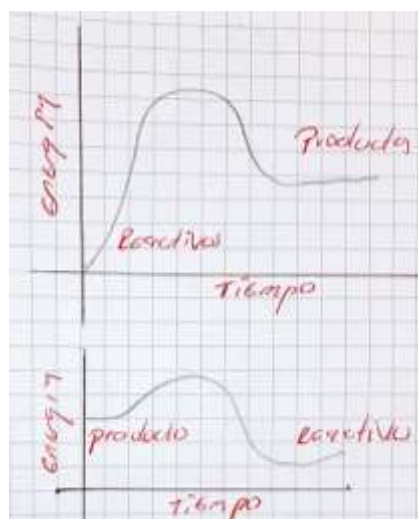
E1:



E2:



E3:



Pregunta 3: Conceptualiza el equilibrio químico dinámico teniendo en cuenta conceptos como velocidad de la reacción, concentración de reactivo, reacción directa e inversa, reactivos y productos.

E1: El equilibrio dinámico es el que se da cuando en una reacción se pasa fácilmente de los reactivos a los productos durante toda la reacción.

E2: El equilibrio dinámico es aquel que se mantiene estable durante todo el movimiento que hacen los reactivos en conjunto con el producto.

E3: El equilibrio dinámico es la dinámica que hay entre el oxígeno, el hidrogeno y el producto que es el amoniaco. Esto quiere decir que es la capacidad de pasar de producto a reactivos durante toda la reacción sin presentar dificultades (Trabajos de los estudiantes, noviembre 2 del 2018).

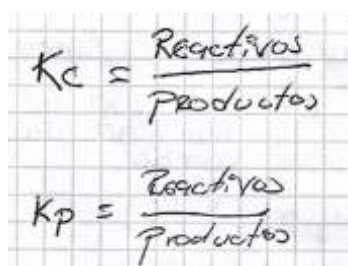
El maestro motivó entonces entre los estudiantes la discusión de sus diferentes respuestas, organizándolos bajo una estructura interactiva-dialógica, buscando con esto que ellos continuaran extendiendo su comprensión de los conceptos de reacción reversible y equilibrio químico dinámico. Adicionalmente, a fin de cerrar el abordaje de estos conocimientos, el profesor decidió estructurar el aula de manera no interactiva-de autoridad⁸ y hacer lectura en voz alta y pausada de un texto expositivo plasmado en el material del estudiante, el cual aborda el modelo teórico-matemático de la constante de equilibrio K_C de una reacción química reversible. Esta decisión la tomó debido al alto nivel de abstracción de este concepto, que demanda de una

⁸ Mortimer & Scott (2003) plantean cuatro clases de enfoque comunicativo que brindan una perspectiva sobre cómo el profesor trabaja con los estudiantes a fin de desarrollar ideas en la clase de ciencias. no de estos enfoques es el no interactivo-de autoridad, en el cual el docente presenta un punto de vista específico de la ciencia.

fuerte intervención del docente para que pueda ser comprendido apropiadamente por parte de los estudiantes.

Finalmente, como forma de monitorear la comprensión de los jóvenes respecto a la constante de equilibrio, el maestro les solicitó responder y discutir entre todos la siguiente inquietud: Según lo leído ¿cuál sería la expresión de equilibrio para la reacción de la animación? En la siguiente viñeta se muestra la respuesta de un estudiante a dicha pregunta.

E1:



$$K_c = \frac{\text{Reactivos}}{\text{Productos}}$$

$$K_p = \frac{\text{Reactivos}}{\text{Productos}}$$

(Trabajo del estudiante, noviembre 2 del 2018).

Acerca de la correspondencia entre lo diseñado, lo implementado en clase y lo aprendido por los estudiantes, es posible concluir que el profesor implementó la secuencia de actividades de aprendizaje planteada desde el diseño para esta CCD, con algunas modificaciones principalmente de orden pedagógico. En otras palabras, el docente tomó algunas decisiones pedagógicas a fin de facilitar el desarrollo de los conocimientos y habilidades descritos en esta CCD y fortalecer la gestión del aula. Por ejemplo, él introdujo el uso de herramientas provenientes de la pedagogía general como: la técnica de formular preguntas abiertas y distribuirlas entre diferentes estudiantes para suscitar el debate de ideas, la división de la visualización de la animación en episodios críticos con el fin de facilitar la comprensión de los conceptos abordados, y los enfoques comunicativos interactivo-dialógico y no interactivo de autoridad que no estaban

prescritos en las intenciones de diseño. De esta manera, el maestro acentuó el uso del debate en el aula durante el desarrollo de las actividades como un recurso fundamental para apoyar la construcción de aprendizajes significativos, desde una perspectiva sociocultural de la enseñanza de las ciencias.

También, el profesor decidió alterar un poco el orden de la secuencia de actividades, puesto que consideró que hacía falta brindar a los estudiantes mayores herramientas conceptuales para que estuvieran en capacidad de abordar las tareas planteadas por el OA. Tal vez esta variedad de elementos agregados y/o modificados por el docente durante la implementación del material educativo, pueda tomarse en cuenta durante su rediseño.

Característica clave de diseño 4: factores que afectan la velocidad de la reacción.

Figura 6. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 3”



Nota. Tomada de Ministerio de Educación Nacional (2016) <https://acortar.link/hgJanF>

Acorde con las intenciones de diseño, el maestro iniciaría organizando el aula bajo una estructura de discusión con toda la clase para llevar a cabo tres demostraciones experimentales. Dichas demostraciones las realizaría utilizando la estrategia de enseñanza *Predecir, Observar y Explicar* (POE), la cual indica que se debe comenzar la demostración pidiendo a los estudiantes formular predicciones sobre lo que puede llegar a pasar en el experimento y por qué. Además, las respuestas dadas deberán ser anotadas por ellos. Luego, el profesor procedería a realizar el experimento para que los estudiantes puedan observar lo que sucede. A partir de esta observación, ellos podrán replantear sus predicciones, explicando lo que ocurrió en realidad durante la demostración. El docente solicitaría a los jóvenes representar simbólica y submicroscópicamente el comportamiento del fenómeno, solicitándoles a algunos salir al tablero para representar lo observado.

El maestro efectuaría primero la demostración experimental relacionada con el factor de la temperatura. Antes de realizar el experimento, el profesor les preguntaría a los estudiantes ¿En qué recipiente creen que el Alka-Seltzer reaccionaría más rápido? Y les pediría explicar la razón. Después, el docente llevaría a cabo el experimento y orientaría a los estudiantes para que puedan contrastar lo observado con sus predicciones, a fin de construir una explicación al respecto.

Terminada esta primera demostración, el maestro pasaría a realizar la segunda con el factor del catalizador. El profesor retomaría la información de la lectura de la actividad de introducción sobre el peróxido de hidrógeno, preguntando a los estudiantes por qué el producto tiene una fecha de vencimiento y cómo esto influye en la velocidad de la reacción. Luego, les preguntaría ¿Qué le pasará a la reacción $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ cuando se agregue la papa y el óxido de manganeso? Hechas las predicciones, el docente añadiría cada catalizador para observar

sus efectos y poder elaborar las debidas explicaciones y conclusiones. Adicionalmente, el maestro orientaría a los jóvenes a pensar sobre las diferencias y semejanzas entre estos tipos de catalizadores (biológicos y químicos). Para ello, les haría la siguiente solicitud: Averigua qué tiene la papa que produce este efecto y cómo el óxido de manganeso afecta el paso a paso de la reacción ¿Qué tipo de catalizadores son: químicos o biológicos?

Para el factor de la concentración de los reactivos, el profesor se apoyaría en la proyección de un video a los estudiantes, el cual muestra a reacción química entre la tintura de Yodo y el Peróxido de Hidrógeno. A pesar de que no se llevaría a cabo directamente en el aula el experimento, sino que este se observaría mediante el video, se mantendría la implementación de la estrategia POE. Para ello, el docente iniciaría haciendo a los jóvenes una sinopsis del recurso audiovisual, luego les daría el espacio para generar sus predicciones, verían el video y al finalizar tratarían de darle una explicación a lo observado sobre el fenómeno.

Con el desarrollo y discusión de estas actividades, el maestro tendría la intención de continuar extendiendo la idea sobre cómo los factores Temperatura, Concentración de los reactivos y Catalizadores influyen en las velocidades de las reacciones químicas, a través de demostraciones experimentales (Ver tabla 5, *Características Claves del Diseño en sección : factores que afectan la velocidad de la reacción*).

Referente a las acciones efectuadas en el aula, el profesor inició comunicando a los estudiantes que, en esta ocasión, la clase no tendría lugar en la sala de sistemas sino en el laboratorio. Esto generó cierto recelo entre los estudiantes, dado que a ellos los motiva el poder utilizar los computadores y la internet para acceder al OA. Entonces, el docente les explicó que este cambio de espacio se debía a que realizarían tres demostraciones experimentales que les posibilitarían observar cómo ciertos factores, que ya habían venido abordando en las actividades

anteriores, afectan la velocidad de una reacción. Les aclaró que, al ser demostraciones, estos experimentos estarían a su cargo.

Además, el maestro al conocer la situación económica de sus estudiantes consideró que lo mejor era que él consiguiera los materiales para desarrollar los experimentos, pues así estos sean económicos y accesibles, sabe que los jóvenes pueden no llegar a comprarlos por falta de recursos económicos. En consecuencia, el profesor decidió implementar estas actividades experimentales tal y como lo sugieren las intenciones de diseño.

Antes de dar comienzo a las demostraciones, el docente estructuró el aula bajo una organización interactiva a fin de permitir a todos los estudiantes observar, tomar notas y dialogar acerca de lo que podría pasar antes del experimento y de lo que pasó en el mismo. Les indicó que realizarían tres demostraciones, dos de las cuales serían directas ya que él realizaría los experimentos frente a ellos, y una que sería indirecta pues observarían el experimento mediante un video. Pasó entonces a explicarles la metodología con la que desarrollarían estas demostraciones. Les dijo que primero harían predicciones sobre lo que pasaría en el experimento respondiendo algunas preguntas, luego observarían con atención la realización del experimento para ver qué sucede en la reacción, y finalizarían contrastando sus predicciones con lo observado a fin de construir una explicación del fenómeno estudiado.

Con esta introducción a la actividad, el maestro dio inicio a la primera demostración correspondiente al factor de la temperatura, cuya predicción fue direccionada por la pregunta *¿En qué recipiente crees que el Alka-Seltzer reaccionaría más rápido? Explica por qué.* A continuación, se pueden leer las respuestas brindadas por algunos estudiantes.

E1: Las pastillas de Alka-Seltzer se van a derretir igual de rápido en los dos vasos.

E2: Pensaría que la reacción será igual en los dos vasos.

E3: Creemos que no va a ver ningún cambio, será lo mismo (Trabajos de los estudiantes, noviembre 5 del 2018).

Una vez consignadas las predicciones en sus cuadernos, el profesor procedió a ejecutar el respectivo experimento, bajo la observación de todos los estudiantes. Ellos tomaron apuntes sobre lo que consideraron más importante de tener presente para luego poder explicar lo sucedido. En seguida, se presentan algunas de estas notas.

E1: En el agua caliente las pastillas de Alka-Seltzer se derritieron más rápido, pero cuando las colocaron en el agua fría se demoraron más en derretirse.

E2: En el agua caliente se derriten más rápido las pastillas, en cambio, en el agua fría se demoran en derretirse por las condiciones en las que se encuentra el agua.

E3: Se puede notar que en el agua fría el Alka-Seltzer produce menos burbujas y se demora más tiempo que en el vaso de agua caliente, en este vaso las pastillas no tocan el fondo y producen más burbujas, más rápido (Trabajos de los estudiantes, noviembre 5 del 2018).

Ya realizado el experimento y tomados los apuntes, el docente invitó a los estudiantes a explicar lo que acababan de observar, contrastando sus predicciones

con lo que realmente pasó durante la demostración. En la siguiente viñeta se evidencia cómo el maestro orientó a los estudiantes en la construcción de la explicación.

P: ¿Lo que ustedes predijeron coincidió con lo que pasó en el experimento?

E1: No profe, porque nosotros dijimos que iba a pasar lo mismo en los dos vasos, pero no fue así.

P: ¿Entonces qué fue lo que pasó? ¿Cuál fue el comportamiento que observaron en cada vaso?

E2: Se notó que las pastillas reaccionaron diferente en cada vaso. En el vaso con agua fría vimos menos burbujas que en el otro, y en el vaso de agua caliente las pastillas no tocaron el fondo, mientras que en el otro vaso sí.

P: ¿Y por qué creen que pasó eso? ¿Cómo explican lo sucedido?

E3: Creo que fue por el movimiento de las moléculas, pues cuando hay calor, estas se mueven más rápido y cuando hay frío, se mueven más lento. Por eso, el vaso con agua caliente, al tener más alta la temperatura, hace que las moléculas se muevan más rápido, ayudando a que se derritan las pastillas rápidamente.

P: ¿Usted está de acuerdo con su compañero?

E4: Si profe, es sabido que cuando la temperatura aumenta, las moléculas van más rápido, y cuando la temperatura disminuye, las moléculas van despacio.

Por eso, al colocar las pastillas en los dos vasos a diferente temperatura, se puede ver la diferencia en la forma y velocidad como se derriten.

P: ¿Quién más quiere aportar a la explicación de lo observado durante la demostración?

E5: Yo, profe. Creo que podemos concluir que la temperatura es un factor que influye mucho en las reacciones, ya que puede hacer que estas sean más rápidas o lentas (Video de clase, noviembre 5 del 2018).

Cuando llegaron a un consenso sobre la explicación del comportamiento observado en la primera demostración, el docente pasó a realizar el segundo experimento demostrativo relacionado con el factor del catalizador. Como pregunta para guiar la predicción, el maestro utilizó la siguiente: *¿Qué le pasará a la reacción $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ cuando se agregue la papa y el óxido de manganeso?* Los estudiantes contestaron lo que se observa a continuación.

E1: Va a hacer espuma.

E2: Formará espuma, de la misma forma que cuando la aplicamos en las heridas.

E3: Creemos que hará espuma

(Trabajos de los estudiantes, noviembre 5 del 2018).

Después, el profesor realizó el experimento a la vista de los estudiantes, vertiendo agua oxigenada en dos recipientes. Al primero le agregó trozos de papa, que contienen el catalizador biológico, catalasa. Y al segundo recipiente le adicionó un catalizador químico, el óxido de manganeso. En ambos casos, el docente sostuvo un fósforo encendido cerca a fin de verificar que

el gas producto de la reacción era oxígeno. Los jóvenes tomaron algunas notas sobre lo que observaron en la demostración, las cuales se muestran en la siguiente viñeta.

E1: Pudimos observar que se hacía espuma con una mayor velocidad. Y cuando el profesor puso el fósforo encima del recipiente, este ardía con mayor fuerza.

E2: Se hizo espuma más rápido, y cuando el profesor colocó el fósforo, vimos que la llama se volvió más grande.

E3: En los dos vasos vimos cómo se formaba la espuma más rápido, y en el momento en el que el profesor arrimó el fósforo, este se veía con más fuego (Trabajos de los estudiantes, noviembre 5 del 2018).

Nuevamente, el maestro solicitó a los estudiantes explicar el comportamiento observado durante el segundo experimento demostrativo, dando respuesta a tres preguntas. En la siguiente viñeta se exponen estos interrogantes y algunas de las respuestas brindadas por los jóvenes.

Pregunta 1: ¿Qué efecto produce la papa y el óxido de manganeso en la reacción química?

E1: La aceleran.

E2: Le dan mayor velocidad.

E3: Creemos que aumenta la velocidad de la reacción.

Pregunta 2: ¿Cómo alteran la energía de activación de la reacción?

E1: Suponemos que bajan la energía de activación de la reacción, lo que hace que los productos se produzcan más rápido.

E2: Provocando una producción de productos con mayor velocidad.

E3: Se hacen más rápido los productos.

Pregunta 3: Averigua qué tiene la papa que produce este efecto y cómo el óxido de manganeso afecta el paso a paso de la reacción ¿Qué tipo de catalizadores son: químicos o biológicos?

E1: Las papas poseen catalasa, un catalizador biológico, y el óxido de manganeso afecta la descomposición del agua oxigenada de forma que la acelera, y es un catalizador químico.

E2: Lo que tienen las papas es catalasa, el cual es un catalizador biológico, en cambio el óxido de manganeso es de tipo químico. Estos rebajan la energía de activación de las reacciones.

E3: Las papas tienen una enzima llamada catalasa que sirve como catalizador biológico, y lo que hace es acelerar la separación del oxígeno del agua (Trabajos de los estudiantes, noviembre 5 del 2018).

Las respuestas construidas por los estudiantes fueron socializadas y discutidas en el aula hasta llegar a un acuerdo sobre la explicación del fenómeno observado en el experimento. Esto le permitió al profesor llevar a cabo la tercera y última demostración, la cual aborda el factor de la concentración de los reactivos. Inició recordando a los estudiantes que el experimento de esta demostración no sería desarrollado por él en el aula, sino que lo verían mediante un video con ayuda de un videoprojector.

Por ello, el docente les realizó a los jóvenes una sinopsis sobre el recurso audiovisual, diciéndoles que allí observarían una experimentación en la que se hace reaccionar peróxido de hidrógeno, al 25% y al 50% de concentración, con dos soluciones de tintura de yodo, almidón y ácido ascórbico para verificar los cambios que se pueden presentar en la velocidad de una reacción según las concentraciones de los reactivos. Luego, les pidió predecir lo que sucedería en dicho experimento antes de proyectarles el video, utilizando las siguientes preguntas *¿Cómo podría afectar el cambio en la concentración del peróxido de hidrógeno a la reacción química? ¿En cuál de las dos pruebas, la uno o la dos, será menor el tiempo en que cambia de color la solución? ¿Por qué?* A continuación, es posible leer algunas de las respuestas ofrecidas por los estudiantes a estos interrogantes, a modo de predicción.

E1: En las dos soluciones el agua oxigenada producirá espuma. En la solución de almidón será más rápida la reacción que en la contiene la vitamina C, por las enzimas.

E2: En las dos pruebas se producirá espuma, y en la que tiene vitamina C creemos que será la más rápida.

E3: Se producirá espuma como en los otros dos experimentos, y la del almidón será más rápida, como lo fue la reacción a la que se le agregó papa en el segundo experimento (Trabajos de los estudiantes, noviembre 5 del 2018).

Hechas las predicciones por los estudiantes, el maestro procedió a proyectar el video, el cual los estudiantes observaron atentamente, tomando los apuntes que se comparten en seguida.

E1: La concentración de agua oxigenada si afectó la reacción, pues a mayor concentración más rápida fue la reacción. Por eso en la prueba dos se vio una reacción más rápida.

E2: Visualizando el experimento se ve que la concentración de peróxido de hidrogeno si afecta las reacciones, porque donde echaron más poco se demoró mucho, y donde le agregaron más cantidad se demoró menos. Por tal razón, la prueba dos fue la más rápida.

E3: Pudimos observar que las concentraciones si afectan las reacciones, aumentando o disminuyendo su velocidad. Vimos que son proporcionales, porque a mayor concentración mayor fue la velocidad de la reacción (Trabajos de los estudiantes, noviembre 5 del 2018).

Desde luego, el profesor propuso a los estudiantes contrastar las predicciones que habían realizado antes de ver el video con lo observado en el mismo. Los jóvenes indicaron que algunas de sus predicciones habían sido acertadas, pero otras no, puesto que habían dicho que se formaría espuma, al asociarlo a experiencias de su vida cotidiana con el agua oxigenada. Además, resaltaron el hecho de que el tipo de trabajo realizado con el docente, les permitía reflexionar sobre los reactivos y productos derivados de elementos cotidianos como el agua oxigenada, desde lo submicroscópico y simbólico, y llegar a pensar sobre sus componentes y cómo estos reaccionan con otros elementos y compuestos.

Con respecto a la coincidencia entre las intenciones de diseño, las acciones desarrolladas en clase y los aprendizajes de los estudiantes, se concluye que el maestro decidió implementar la secuencia de actividades de esta CCD tal como estaba propuesta en el OA, debido a que la

consideró apropiada para apoyar el proceso de aprendizaje de los estudiantes sobre el fenómeno estudiado. Cabe destacar que tanto el material educativo como el profesor, cuentan con la fortaleza de recurrir a la implementación de la estrategia de enseñanza POE para efectuar prácticas experimentales, buscando fomentar la participación activa de los estudiantes en su aprendizaje. El docente es consciente de que esta estrategia permite que los jóvenes puedan comenzar a construir modelos teóricos básicos sobre el fenómeno de las reacciones químicas por medio de la discusión y la negociación de significados y formas de significar. Vale la pena mencionar que el uso de esta estrategia pedagógica le permitió al docente identificar algunas concepciones alternativas que sus estudiantes tenían acerca de los factores que afectan la velocidad de una reacción. Por ejemplo, algunos pensaban que los catalizadores no afectaban la reacción inversa y aplicaban el principio de Le Chatelier a las velocidades. Así pues, la estrategia POE les otorga la posibilidad a los estudiantes de confrontar sus antiguas y arraigadas ideas con los nuevos conocimientos abordados en la clase a través de las demostraciones experimentales.

Característica clave de diseño 5: principio de le châtelier.

Figura 7. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 4”



Nota. Tomada de Ministerio de Educación Nacional (2016) <https://acortar.link/11J7bW>

En las intenciones de diseño se indica que la finalidad de esta actividad de aprendizaje es abordar el equilibrio químico como una característica elemental de las reacciones reversibles, y los factores que pueden alterarlo. Para ello, el maestro comenzaría organizando a los estudiantes en parejas y les proyectaría una animación que tiene el objetivo de mostrar cómo algunas posibles perturbaciones pueden afectar a un sistema en equilibrio. Cabe mencionar que esta animación utiliza la reacción en equilibrio químico trabajada anteriormente, la producción de amoníaco. El docente les solicitaría a los estudiantes tomar notas de lo más importante para que luego puedan

responder algunas preguntas expuestas durante el video y en el material del estudiante con las que los ayudaría a conceptualizar el principio de Le Chatelier. Una vez resueltas las interrogantes, el profesor les pediría a los grupos de estudiantes dar a conocer a todos sus puntos de vista al respecto, a fin de construir el modelo teórico del principio de Le Chatelier. Después de discutir las respuestas a las preguntas planteadas, el maestro mostraría un mapa conceptual ubicado en el OA digital, que contiene la definición del principio de Le Chatelier y cómo los cambios de temperatura, concentración y presión perturban el equilibrio.

Seguidamente, el docente les pediría a las parejas de estudiantes hacer lectura de una historieta que plantea una situación problema, con la cual buscaría que ellos desarrollaran aún más este principio, al poder aplicarlo en un contexto de la vida cotidiana para interpretar lo que sucede. Dicha historieta presenta la experiencia de una adolescente que viaja hasta Jericó, en Boyacá, un municipio muy diferente a su ciudad natal, Buenaventura, cuyas diferencias generaron problemas insospechados por ella. El cambio de altura generó cambios en la presión y la temperatura, factores que pueden afectar el equilibrio químico de acuerdo con el Principio de Le Châtelier. Terminada esta lectura, el profesor les solicitaría a los jóvenes resolver una serie de preguntas, tomando en cuenta lo trabajado hasta el momento sobre el equilibrio dinámico y su perturbación. El maestro promovería la discusión en el aula a partir de la socialización de las respuestas elaboradas por los estudiantes, y luego les pediría solucionar, de manera individual, algunos ejercicios de orden cualitativo y cuantitativo sobre la constante de equilibrio (Ver tabla 5, *Características Claves del Diseño en sección : principio de le châtelier*).

En relación con las acciones realizadas en clase, el docente comenzó organizando a los estudiantes en pequeños grupos de discusión, cada uno con acceso a un computador con conectividad, y les pidió observar con atención la animación sobre los factores que afectan el

equilibrio químico del proceso reversible de la formación del amoníaco. En dicha animación se puede observar un recipiente que contiene la reacción de síntesis del amoníaco en equilibrio químico dinámico, el cual es perturbado por cambios en la concentración de uno de los reactivos (N_2) y del producto (NH_3), mostrando cómo el equilibrio se desplaza para contrarrestar la perturbación. Del mismo modo, se muestra lo que ocurre cuando se cambia la presión y la temperatura.

Como en la animación se presentan preguntas sobre los factores de concentración, presión y temperatura, el profesor les indicó a los estudiantes pausar el video para contestarlas a medida que fueran apareciendo, y que cuando resolvieran los interrogantes asociados a un factor, debían socializar esas respuestas. De este modo, la visualización de la animación se dividió en tres fragmentos, lo que permitió poner en discusión las respuestas y llegar a un consenso con el objetivo de ayudar a los estudiantes a comprender el fenómeno químico representado por la animación. A continuación, se muestran algunas de las respuestas brindadas por los estudiantes a la serie de preguntas de la animación:

Preguntas sobre el cambio de concentración

Pregunta 1: ¿Qué pasó cuando se agregaron las dos moles de N_2 ?

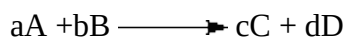
E1: Estas se fusionaron con las de hidrogeno aumentando la cantidad de amoníaco.

E2: A medida que se le echaba nitrógeno, las moléculas iban subiendo, interactuando entre ellas hasta hacer una composición para formar amoníaco.

E3: El nitrógeno se unió con el hidrogeno, formando más amoníaco.

Pregunta 2: ¿Qué reacción se vio favorecida por el suministro de concentración de N_2 ? ¿La directa o inversa? Justifica tu respuesta.

E1: Se favoreció la formación de productos y es una reacción directa en la que los reactivos generan productos, como se muestra a continuación:



E2: Se forma amoníaco, es decir que es directa pues solo se producen productos y no reactivos.

E3: Se puede evidenciar que se forman NH_3 , o sea que es directa porque solo se forma producto.

Pregunta 3: ¿Qué pasó cuando se agregó amoníaco en lugar de nitrógeno al equilibrio químico en cuestión?

E1: La reacción perdió su equilibrio al haber más reactivos que productos.

E2: El equilibrio se vio afectado dado a que aumentaron los reactivos en la reacción.

E3: Según la animación se perdió el equilibrio, ya que pudimos ver como se despegaban los compuestos.

Pregunta 4: ¿Qué reacción se vio favorecida por el suministro de concentración de NH_3 ? ¿La directa o la inversa? Justifica por qué. Contrástala con la situación anterior.

E1: Se vio favorecida la reacción inversa porque se formaron productos.

E2: Vimos que se despegaron los elementos que formaban los productos. Por eso sería una reacción inversa en la que se producen productos.

E3: Es inversa porque se generan productos.

Preguntas sobre el cambio de presión

Pregunta 1: ¿Por qué un aumento de presión provoca que se favorezca la producción de amoníaco? Y ¿Por qué se toma esta nueva condición de equilibrio?

E1: Pues porque esa presión más grande hace que se junten las moléculas y el equilibrio se vea afectado por dicha presión.

E2: A mayor presión, menor espacio, y esto hace que las moléculas estén más cerca, favoreciendo la producción de amoníaco. Se toma esta condición porque la presión altera el equilibrio.

E3: Al aumentar la presión se va desapareciendo el espacio entre las moléculas, las cuales chocan más fácil y forman amoníaco. La reacción toma este nuevo equilibrio porque la presión es un factor que altera el equilibrio.

Pregunta 2: ¿Cuál es la reacción endotérmica y cuál es la reacción exotérmica, en la reacción reversible $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)} + \Delta H^\circ = -92,38 \text{ kJ}$?

E1: La primera parte es exotérmica y la segunda es endotérmica.

E2: $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$ es exotérmica y $2\text{NH}_{3(g)}$ es endotérmica.

E3: La unión de los reactivos es exotérmica y pasar de productos a reactivos es endotérmica.

Preguntas sobre el cambio de temperatura

Pregunta 1: ¿Qué reacción es la que está siendo favorecida con la disminución de temperatura? Explica por qué. Para ello ten en cuenta cuál es la reacción exotérmica y cuál la endotérmica.

E1: Como se mencionó anteriormente, se favorece pasar de productos a reactivos.

E2: La parte de $2\text{NH}_3(\text{g})$ pasa a hacer reactivos.

E3: La reacción favorecida es pasar de productos a reactivos

(Trabajos de los estudiantes, noviembre 14 del 2018).

Terminada la visualización de la animación y la discusión de sus preguntas, el maestro tomó la decisión de realizar una pausa activa de 5 minutos para que los estudiantes descansaran un poco y pudieran seguir prestando atención en la siguiente actividad. Después de esta pausa, el docente requirió a los estudiantes leer atentamente una historieta en el OA, en la que su personaje principal viaja desde Buenaventura hasta Jericó, Boyacá, generándose una situación de la vida cotidiana que puede explicarse con los conocimientos construidos acerca del principio de Le Chatelier.

Una vez leída la historieta, el profesor les solicitó a los jóvenes contestar un conjunto de preguntas que les ayudarían a analizar y reflexionar la situación problema planteada allí, profundizando así su comprensión del principio abordado. En seguida, es posible leer algunas de las respuestas elaboradas por los estudiantes frente a los interrogantes derivados de la historieta.

Pregunta 1: Willy antes de viajar a Jericó, tenía esta reacción $\text{Hb} + \text{O}_2 \leftrightarrow \text{HbO}_2$ en un estado de equilibrio, pero cuando llegó al pueblo boyacense, éste varió ¿De qué manera se vio afectado este equilibrio? Justifica tu respuesta.

E1: La oxihemoglobina transporta el oxígeno a todas partes del cuerpo. Al estar Willy a grandes alturas obtuvo menos cantidad de oxígeno por la poca concentración de este en lugares altos.

E2: Este equilibrio se afectó debido a la presión, pues a menor presión, menos oxígeno.

E3: La presión fue la causante de la variación en el equilibrio, ya que a mayor altura menor presión, lo que significa que no habrá tanto oxígeno.

Pregunta 2: Si la concentración de los reactivos (en este caso el oxígeno) está cambiando el estado de equilibrio de la formación de oxihemoglobina a partir de hemoglobina y oxígeno y viceversa ¿Qué ordena el cuerpo para restablecer el equilibrio?

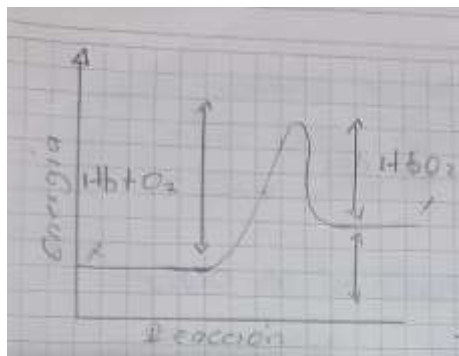
E1: Para restablecer el equilibrio el cuerpo ordena una mayor producción de glóbulos rojos que permita atrapar más oxígeno.

E2: Crear más glóbulos rojos, que son los encargados de transportar el oxígeno por el cuerpo.

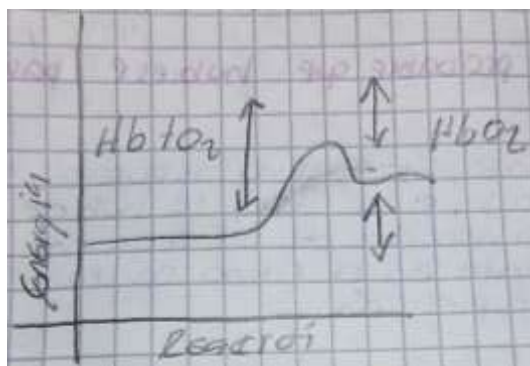
E3: El cuerpo ordena producir glóbulos rojos para así restablecer la oxihemoglobina.

Pregunta 3: En esta reacción reversible ¿Cuál de las dos direcciones será la que libera energía y la que la requiere para poder realizarse? ¿La reacción directa o inversa? Grafica está en términos de la energía de activación.

E1: $\text{Hb} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{HbO}_2$ requiere energía para producir oxihemoglobina y es directa, $\text{Hb} + \text{O}_2 \longleftarrow \text{HbO}_2$ libera energía ya que hay una reversión, por esa razón es inversa.



E2: $\text{Hb} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{HbO}_2$ absorbe energía, directa; $\text{Hb} + \text{O}_2 \longleftarrow \text{HbO}_2$ libera energía, inversa.



Pregunta 4: Si a Willy también le hubiese dado fiebre, ¿qué es lo más probable que hubiese pasado? ¿Por qué? ¿Cómo afecta este cambio de temperatura corporal al equilibrio dinámico de la reacción? ¿Qué pasa con las concentraciones de reactivos y productos?

E1: La fiebre afectaría la producción de oxihemoglobina, ya que esta aumentaría su concentración al formarse a partir de los reactivos.

E2: Con fiebre aumentan las reacciones bioquímicas del cuerpo, bajando la concentración de reactivos como el oxígeno por las dificultades respiratorias que puede traer la subida de fiebre.

E3: Willy con fiebre perdería el equilibrio, aumentando los productos y disminuyendo los reactivos.

(Trabajos de los estudiantes, noviembre 14 del 2018).

Al igual que en la animación, el maestro promovió una discusión y reflexión a nivel grupal en relación con las respuestas brindadas a los interrogantes de la historieta, llegando a un consenso sobre lo que pasó en esta situación cotidiana relacionada a la reacción de formación de oxihemoglobina. De este modo, el profesor logró contextualizar el principio de Le Chatelier, usándolo para interpretar una situación conocida por los estudiantes, como es el cambio de altura.

Para el cierre del abordaje del principio de Le Chatelier, el docente planteó a los estudiantes resolver un ejercicio acerca de la constante de equilibrio, conceptualizada en una de las actividades anteriores (CCD 3). Este ejercicio consistía en utilizar la información presentada en un cuadro para calcular y escribir el valor de la constante de equilibrio. Dicho cuadro aparece tanto en el OA (ver Figura 8) como en el material del estudiante.

Figura 8. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 4”, pestaña 5

ACTIVIDAD 4 PRINCIPIO DE LE CHÂTELIER					
Hacer clic en las pestañas para visualizar					
1 2 3 4 5 6					
Teniendo en cuenta lo anterior y el equilibrio dinámico, contesta las siguientes preguntas en tu material del estudiante y procede a contrastarla con las respuestas que se presentan:					
PRESIONES PARCIALES INICIALES Y DE EQUILIBRIO DE N_2O_4 Y NO_2 A 100°C .					
EXPERIMENTO	PRESIÓN PARCIAL INICIAL N_2O_4 (atm)	PRESIÓN PARCIAL INICIAL NO_2 (atm)	PRESIÓN PARCIAL DE EQUILIBRIO DE N_2O_4 (atm)	PRESIÓN PARCIAL DE EQUILIBRIO DE NO_2 (atm)	K_{eq}
1	0.0	0.612	0.0429	0.526	
2	0.0	0.919	0.0857	0.744	
3	0.0	1.22	0.138	0.944	
4	0.612	0.0	0.138	0.944	

Por cuestiones de tiempo y las dificultades que tuvieron los estudiantes para utilizar el modelo matemático, el maestro decidió solicitarles calcular solo los valores de las filas 1 y 2 del cuadro. Para ayudar a los estudiantes a superar estas dificultades, el profesor les explicó nuevamente en el tablero cómo se realizaba el cálculo de la constante de equilibrio, pues los jóvenes no tenían claro cómo efectuar los procedimientos matemáticos de la fórmula. Después de esta explicación, los estudiantes calcularon la constante de equilibrio como se observa en la siguiente viñeta:

E1:

$$\text{Equl } \frac{(0.0857 \times 10^{-2})^2}{(0.744 \times 10^{-2})} = 6.45$$

$$\frac{(0.138 \times 10^{-2})^2}{0.944 \times 10^{-2}} = 6.45$$

E2:

$$\textcircled{1} \text{ E/ } \frac{(0.526 \times 10^{-2})^2}{0.0429 \times 10^{-2}} = 6.45$$

$$\textcircled{2} \text{ E/ } \frac{(0.344 \times 10^{-2})^2}{0.0857 \times 10^{-2}} = 6.45$$

E3:

$$* \frac{(0.526 \times 10^{-2})^2}{0.0429 \times 10^{-2}} = 6.45$$

$$* \frac{(0.344 \times 10^{-2})^2}{0.0857 \times 10^{-2}} = 6.45$$

(Trabajos de los estudiantes, noviembre 23 del 2018)

Cuando los jóvenes terminaron de realizar los cálculos solicitados, el docente los invitó a socializar cómo los habían hecho, reforzando la explicación en el tablero para dar solución a las demás filas del cuadro y no dejar a los estudiantes con vacíos frente al tema. Después, el maestro pidió a los estudiantes organizarse bajo una estructura interactiva-dialógica para contestar a través de la discusión en el aula la siguiente pregunta ¿Cómo influye el cambio de las concentraciones en la constante? Y ¿Por qué esta no varía? La respuesta a la que se llegó entre todos fue que el cambio de las concentraciones en la constante no influía mucho porque la reacción pasaba de reactivos a productos y viceversa, lo cual hacía que la constante no tuviera cambio. El profesor tomó la decisión de construir la respuesta a este interrogante entre todos, dado que, como se mencionó anteriormente los estudiantes tienen deficiencias en el manejo de modelos y procedimientos matemáticos. De este modo, el docente finalizó la implementación de las actividades correspondientes a la CCD 5.

Frente a la relación entre lo planteado desde el diseño, lo implementado en clase y lo aprendido por los estudiantes, se concluye que el maestro implementó la secuencia de actividades de aprendizaje planteada desde el diseño para esta CCD, con algunas alteraciones de tipo pedagógico. Su finalidad con ello fue posibilitar el desarrollo de los conocimientos y habilidades descritos en esta CCD y fortalecer la participación activa de los estudiantes en su aprendizaje. Una de las modificaciones introducidas por el profesor fue realizar pausas activas, dado que estas contribuyen a mejorar el desempeño académico, las relaciones interpersonales y promueve la integración social. Estas pausas brindan a los estudiantes el espacio para que puedan integrar el aprendizaje que están construyendo con sus saberes previos, puesto que el desarrollo de las actividades de esta CCD puede ser llegar a ser agotador a nivel cognitivo para ellos.

Además, el maestro decidió alterar la forma de visualizar la animación, debido a que esta no era un mero elemento técnico, sino que era un medio de comunicación didáctico. Es decir, se trataba de un medio en el que el aprendizaje podía ser promovido no por el uso de la animación en sí, sino fundamentalmente como consecuencia de las estrategias y técnicas didácticas que el maestro aplicara sobre dicho medio (Morales-Ramos & Guzmán Flores, 2014).

Asimismo, el docente tomó la determinación de ayudar a los estudiantes en la formulación y desarrollo de la constante de equilibrio en su forma matemática, al notar que ellos no habían hecho una reflexión sobre los aspectos propios de este modelo matemático. Esta situación dificultaba en cierta medida la comprensión de la constante de equilibrio desde un contexto matemático, pues dicho aprendizaje requería que el estudiante conociera los procesos que andamian la constante. En este sentido, la enseñanza del equilibrio químico no se puede restringir únicamente a sus aspectos algebraicos, descuidando el uso de representaciones diferentes a las algebraicas, puesto que de este modo es difícil que los estudiantes lleguen a

comprender profundamente la constante de equilibrio. En efecto, es poco probable que un estudiante pueda entender este modelo teórico-matemático sin haber desarrollado, por ejemplo, habilidades visuales ligadas al fenómeno del equilibrio químico.

Característica clave de diseño 6: tarea

Figura 9. Captura de pantalla de la sección del OA “Actividad 5”



Nota. Tomada de Ministerio de Educación Nacional (2016) <https://acortar.link/E9AjOg>

De acuerdo con las intenciones de diseño del OA, el propósito de esta actividad de aprendizaje final es que los estudiantes usen en otro contexto problemático los modelos mentales contruidos y refinados durante las anteriores actividades. El contexto problemático al cual el docente enfrentaría a los estudiantes sería a uno de carácter industrial, centrado en las perturbaciones del equilibrio de las reacciones químicas a través de cambios en temperatura y

presión para favorecer la producción de sustancias requeridas. Para ello, el profesor organizaría a los estudiantes en parejas de trabajo y les solicitaría consultar sobre los siguientes asuntos: los procesos de la industria química en los que se utiliza el principio de Le Châtelier para obtener compuestos químicos, qué reacciones fundamentales para la vida alcanzan un equilibrio químico, y cómo se aplican los conceptos de reacciones reversibles y equilibrio químico al funcionamiento de las baterías recargables y de las que no lo son. Esto les permitiría a los estudiantes indagar en cuáles situaciones de la vida sucede el equilibrio químico, e interpretarlo como un proceso dinámico en el que la velocidad de formación de productos es igual a la velocidad de formación de reactivos (Ver tabla 5, *Características Claves del Diseño en sección : equilibrio químico dinámico en la vida cotidiana*).

Ahora bien, mencionando las acciones llevadas a cabo en el aula, el maestro dio inicio a la clase organizando a los estudiantes en parejas de trabajo, y les informó que esta sería la última actividad que realizarían del OA. Esta noticia generó en ellos algo de descontento, tal vez porque les gustaba que las actividades normalmente estaban mediadas por las TIC o porque significaba que pronto volverían a la cotidianidad de sus clases.

Cuando los grupos de estudiantes ya se encontraban ubicados en computadores con acceso a internet, el docente les indicó que debían resolver tres preguntas relacionadas con el contexto de las industrias químicas, donde provocan perturbaciones del equilibrio de las reacciones químicas a través de cambios en la temperatura y la presión. Les advirtió que la resolución de estos interrogantes les iba a demandar el uso de los modelos teóricos y matemáticos que habían desarrollado y comprendido a lo largo de las actividades anteriores. A continuación, se puede leer las preguntas que fueron planteadas a los estudiantes junto con las respuestas brindadas por algunos de ellos.

Pregunta 1: ¿En cuáles de los productos que consumimos con frecuencia y que son producidos por industrias químicas se suelen aplicar este tipo de perturbaciones durante su fabricación y cómo lo hacen?

E1: En la producción de analgésicos, pues para su fabricación es necesario producir ésteres que se generan gracias a reacciones reversibles donde se usan métodos como la modificación de la temperatura, la presión, la concentración de los reactivos o el uso de catalizadores.

E2: En la producción de gaseosas, dado que está formada por reactivos tales como el agua, el dióxido de carbono, el azúcar, entre otros, pero si sometemos a la gaseosa a altas temperaturas podremos separarla en sus reactivos.

E3: En la fabricación de gasolina, por medio de destilación fraccionada. Sus reactivos reaccionan por causa de la temperatura y la diferencia entre sus puntos de ebullición.

Pregunta 2: ¿Qué otras reacciones de la naturaleza fundamentales para la vida también consiguen llegar a un equilibrio químico?

E1: El ciclo del agua, el cual tiene la capacidad de pasar por los diferentes estados y renovarse continuamente. Otro ejemplo es el equilibrio del ozono troposférico y estratosférico con el oxígeno diatómico.

E2: La producción de oxihemoglobina, mediante la cual el oxígeno es transportado en la sangre a todas las células del cuerpo. Y las reacciones que ocurren en las células como respuesta ante estímulos fisiológicos excesivos o patológico, dando lugar a las adaptaciones celulares, las cuales son reversibles

hasta cierto punto, luego de ese punto se vuelven irreversibles causando la muerte celular.

E3: La fotosíntesis es un proceso químico que ocurre principalmente en las hojas de las plantas. Los organismos fotosintéticos utilizan ciertos componentes del ambiente como luz, dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O), para fabricar glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), sustancia rica en energía química. Este proceso es esencial para el desarrollo y la sobrevivencia tanto de organismos fotosintetizadores, como de quienes se alimentan de ellos. Y el proceso inverso es la respiración celular.

Pregunta 3: ¿Cómo se aplican los conceptos de reacciones reversibles y de equilibrio químico dinámico al funcionamiento de las pilas o baterías recargables y a las que no lo son?

E1: En las baterías recargables se aplica el concepto de reacción reversible porque estas pueden volver a tener su carga inicial, a diferencia a las que no lo son, ya que estas no tienen la posibilidad de volver a estar cargadas.

E2: Dentro de las baterías, entre cada uno de los electrodos y el electrolito se producen unas reacciones químicas reversibles donde se ceden o absorben electrones. Esto genera una tensión eléctrica entre los electrodos y, por tanto, entre los dos bornes metálicos de la celda.

(Trabajos de los estudiantes, noviembre 23 del 2018)

Una vez las parejas de estudiantes resolvieron todas las preguntas, el profesor los invitó a socializarlas con la intención de construir entre todos una sola respuesta. Para ello, dispuso el aula bajo una organización interactiva de mesa redonda, y los estudiantes comenzaron a expresar

sus respuestas ante todos sus compañeros y el maestro. Se logró llegar al consenso de que existen reacciones reversibles muy utilizadas en las industrias químicas para fabricar productos tan necesarios como los analgésicos, los cuales fueron mencionados por uno de los grupos de estudiantes. Para su producción, es necesaria la obtención de ésteres que pueden ser generados, por ejemplo, por una serie de reacciones reversibles consecutivas entre aceite vegetal y alcohol, aceleradas por la presencia de catalizadores. Como productos se obtienen ésteres y glicerina, ambos muy aprovechables en la industria química.

En cuanto a las baterías, se determinó entre todos que cuando las pilas se están descargando, en el electrodo negativo se produce una reacción de oxidación y en el positivo una reacción de reducción. Estos procesos químicos se conocen como reacciones redox o de reducción-oxidación. Dicho de una forma coloquial, en la reducción, los reactivos se combinan para formar otras sustancias químicas más reducidas y durante dicho proceso ganan electrones. La oxidación es el proceso inverso. Por medio de la socialización y discusión de las respuestas de los estudiantes a los interrogantes, el docente aclara las dudas de los diferentes grupos.

Por lo que corresponde a la sincronía entre el diseño del OA, su implementación en el aula y los aprendizajes alcanzados por los estudiantes se concluye que el maestro decidió desarrollar en su clase la actividad de aprendizaje planteada desde las intenciones de diseño, complementándola con elementos pedagógicos importantes como la socialización, la discusión y la construcción de ideas de forma conjunta. Si bien desde el diseño del material se propone efectuar una actividad que permita a los estudiantes relacionar y aplicar sus conocimientos a un contexto de la vida real, no plantea de manera explícita que lo que ellos logren indagar sea puesto en discusión en la clase. Para el profesor es de gran relevancia implementar este aspecto dialógico durante las actividades de aprendizaje en el aula, dado que esto les brinda a los

estudiantes la posibilidad de reflexionar sobre sus propias explicaciones y llegar a comprender mejor el fenómeno estudiado.

Cabe mencionar que el maestro implementó esta actividad porque la consideró adecuada y útil para el proceso de aprendizaje de los estudiantes, al identificar en ella fortalezas como favorecer el acceso al conocimiento de forma significativa, y fomentar la lectura y la indagación en los jóvenes. Así, esta actividad de cierre permitió que los estudiantes pusieran en práctica aquellos modelos mentales que habían construido y refinado a lo largo del desarrollo de la secuencia de actividades del OA, y que el docente pudiera evaluar si, efectivamente, los jóvenes habían apropiado las herramientas conceptuales abordadas en el OA.

Conclusiones

Esta investigación tuvo como objetivo contrastar las teorías de dominio específico referentes a la enseñanza y aprendizaje que fundamentan disciplinar, pedagógica y tecnológicamente el OA del equilibrio químico en términos de las intenciones de diseño, las acciones y los resultados de aprendizaje esperados, con el ánimo de evidenciar las implicaciones educativas, las fortalezas y debilidades de dicho ambiente de aprendizaje. Así pues, se logró documentar las actividades de aprendizaje del OA en cuestión que fueron implementadas, junto a las acciones pedagógicas utilizadas por el profesor en formación a fin de andamiar a los estudiantes en el aprendizaje del equilibrio químico. Por supuesto, también, se tomó en consideración aquellas actividades que no se pusieron en escena y su reemplazo, y las acciones pedagógicas que no se consideraron inicialmente en el OA.

En este sentido, vale destacar el papel central que jugó el modelo de evaluación de la efectividad planteado por Alzaghibi (2010). Este permitió relacionar de forma deliberada las intenciones de diseño (configuradas por las CCD), las acciones del maestro y de los estudiantes durante dicha implementación del OA, y los aprendizajes logrados por los estudiantes. Dicha relación generó la documentación de las interacciones simbólicas entre los agentes áulicos y los aprendizajes alcanzados por los aprendices, con el ánimo de contrastar las teorías de dominio específicos referentes a la enseñanza y aprendizaje del fenómeno del equilibrio químico. Desde luego, esta heurística de indagación permitió evidenciar las fortalezas y restricciones del OA en consideración. En este sentido, de la correspondencia entre lo que se pretendía implementar y lo que realmente se puso en escena, se concluye lo siguiente:

- Si bien, el profesor en formación implementó casi que la totalidad de las actividades de aprendizaje que configuran para el OA en cuestión resulta importante subrayar que él enriqueció a la implementación haciendo un uso deliberado y crítico de una serie de razonamientos y acciones pedagógicas que no se conjeturaron previamente. Por supuesto, dicha acción pedagógica tuvo como fin fortalecer la gestión del aula y andamiar la comprensión de los conocimientos y habilidades que configuran este material de enseñanza sobre el equilibrio químico.
- Conviene subrayar que, el profesor en formación quien implementó el OA hizo un uso deliberado de una serie de rutinas, técnicas, y estrategias de enseñanza las cuales no se habían conjeturado en las teorías de dominio específico que fundamentaron el OA bajo consideración. Por ejemplo, él de forma recurrente utilizó la estrategia de enseñanza del POE (Predecir, Observar y Explicar) durante las actividades experimentales como mediadora del aprendizaje. Esta estrategia les brindó a los estudiantes la posibilidad de explicitar sus concepciones alternativas referentes al fenómeno del equilibrio químico y posterior evolución de estas.
- Por otro lado, es importante resaltar que la implementación del OA estuvo fuertemente influenciada por el sistema de conocimientos, creencias y valores que el profesor en formación había previamente identificado y desarrollado a lo largo de su carrera docente. De hecho, hizo un uso deliberado de una diversidad de estrategias y modelos de enseñanza que no habían sido conjeturados por las teorías de dominio específico del fenómeno del equilibrio químico (p., estrategia POE, técnica de formulación de preguntas abiertas, modelo de enseñanza del ciclo de enseñanza). Por

tanto, el profesor ajusto el currículo que subyace al OA a las necesidades y factores socioculturales de los estudiantes.

Por otro lado, la implementación y evaluación del OA permitió documentar las metas de aprendizaje referentes al equilibrio químico, las cuales fueron apropiadas por los estudiantes de diez de forma progresiva. Así pues, los estudiantes lograron apropiarse los siguientes aprendizajes:

- La implementación y desarrollo de las actividades de aprendizaje que andamia el OA, ayudó no solo en el desarrollo y adquisición de fundamentos conceptuales, sino, también, la apropiación de prácticas socioculturales propias de la actividad científica (p. ej., argumentar apoyado en la evidencia, construir y criticar afirmaciones de conocimiento científico, hipotetizar, inferir, entre otros). Desde luego, estos aspectos socioculturales de la clase de química actuaron como mediadores del aprendizaje de las diferentes ideas que configuran el fenómeno del equilibrio químico.
- La implementación del OA en el marco del sistema de conocimiento, creencias y valores del profesor en formación agenció en los estudiantes el fortalecimiento del compromiso disciplinar. Quizás, esta situación se dio gracias a que el profesor asumió la comunidad del aula de química, como un escenario de apoyo y libre de amenaza, donde el “error” es considerado como el primer paso para construir una cultura de la química en la escuela secundaria. Por tal motivo, el profesor durante las diferentes intervenciones procuro fortalecer dicho compromiso en los estudiantes mediante las diferentes actividades, motivándolos a investigar para dar solución a auténticos problemas y que estos puedan perfeccionar sus modelos mentales.

En cuanto a las teorías de dominio específico o CCD que fundamenta el OA se puede concluir, se puede afirmar que su contrastación dejó evidenciar una serie de fortalezas y

debilidades, las cuales podrán ser materia de estudio a fin de llevar a cabo el rediseño del OA en cuestión. Las siguientes son las fortalezas y las debilidades del OA respectivamente:

- Un alto número de actividades de aprendizaje están configuradas por actividades experimentales y fenomenológicas, las cuales se convierte un escenario apropiado para que los estudiantes externalicen sus modelos mentales sobre el equilibrio químico y los refine de forma progresiva. Quizás esta situación se da como consecuencia a que dichas actividades experimentales se encuentran estrechamente vinculadas al mundo de la vida.
- La interfaz tiene un diseño fácil de recorrer, propiciando un acercamiento progresivo del aprendizaje, de forma que el estudiante pueda lograr los objetivos planteados dentro de la estructura pedagógica y didáctica del OA, la cual es direccionada por tres fases: la exploratoria, el desarrollo y la aplicación e implementación de los conocimientos adquiridos. La primera les permite a los estudiantes externalizar sus modelos mentales sobre el equilibrio químico. La segunda, les brinda la posibilidad de que dichos modelos se refine hacía unos modelos más elaborados. Y, la tercera les permite hacer un uso intencional de los modelos teóricos refinados con el ánimo de resolver auténticos problemas.
- Las interfaces del OA les brinda a los estudiantes la oportunidad de comenzar a desarrollar el lenguaje multimodal que caracteriza el discurso científico. Por supuesto, que el desarrollo de este tipo de lenguaje estuvo mediado por las acciones pedagógicas del profesor en formación durante la implementación del OA.

- Ayuda a la construcción de modelos matemáticos a través de textos expositivo los cuales representan la forma algorítmica, desarrollando la relación matemática con el concepto del equilibrio químico.
- El objeto virtual de aprendizaje le presenta al estudiante un recurso diferente para apoyar su proceso de aprendizaje, ya que la interacción con esta herramienta se puede dar de forma grupal, individual, en el aula de clase o en su propia casa. Logrando en el estudiante un cambio en la concepción y aprendizaje del concepto de equilibrio químico, ya que lo que se quiere es que el estudiante se haga artífice de la adquisición de su conocimiento, con el acompañamiento del docente durante todo el proceso de aprendizaje.

Acerca de las debilidades del OA, cabe mencionar lo siguiente:

- El componente pedagógico que fundamenta el OA de aprendizaje no consideró de forma explícita algunas estrategias pedagógicas de carácter sociocultural. Es decir, en ninguna de las CCD se encuentra conceptualizada el aula de química como una comunidad de práctica que construye y critica afirmaciones de conocimiento científico escolar. Así pues, el currículo de ciencias debe brindarle la posibilidad al estudiante de apropiar el rol de constructor y crítico de conocimiento dado que este es un aspecto sustantivo de la práctica científica.
- Las CCD no permiten evidenciar la coherencia entre las affordances (potencialidades) que ofrecen los diversos recursos digitales utilizados en el diseño, y las respectivas metas y dificultades de aprendizaje. Este es un factor clave en el logro de la coherencia intracurricular, la cual ejercen una fuerte influencia en el aprendizaje de los estudiantes.

- Aunque las preguntas problema que desarrollan las actividades intentan indagar en cierta forma las concepciones alternativas de los estudiantes, la mayoría de estas solamente se centran tan solo en el contenido factual, inclinándose por el recuerdo de información y la observación del fenómeno natural.

A hora bien, el OA como recurso tecnológico presenta características que lo hacen una herramienta mediadora entre la enseñanza-aprendizaje-evaluación. Esto a que este puede ser ejecutado desde distintos dispositivos tales como, tablet , computadores o celulares; adicionalmente, este OA puede descargarse de la plataforma de Colombia aprende con la intención de poderlo utilizar off line. También, este OA cuenta con el material del estudiante que lo puede usar en formato impreso o digital.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Álvarez, C. (2015). Teoría frente a práctica educativa: Algunos problemas y propuestas de solución. En *Perfiles Educativos* (Vol. 37, Número 148, pp. 172–190). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.1016/j.pe.2015.11.014>
- Alzaghibi, M. A. (2010). *Instructional Design : Development , Implementation And Evaluation Of A Teaching Sequence About Plant Nutrition In Saudi* [University of Leeds]. <http://etheses.whiterose.ac.uk/1084/>
- Baudet-Guerra, J. (2001). *La historieta como medio para la enseñanza (trabajo de grado)*. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- Belloch, C. (2009). Entornos Virtuales de Aprendizaje. En *Unidad de Tecnología Educativa (UTE)*. Universidad de Valencia (pp. 1–9). <http://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA3.pdf>
- Bermudez, G. M. A., & Longhi, A. L. (2011). Niveles de comprensión del equilibrio químico en estudiantes universitarios a partir de diferentes estrategias didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2), 264–288.
- Blumenfeld, P., Fishman, B. J., Krajcik, J., Marx, R. W., & Soloway, E. (2000). Creating usable innovations in systemic reform: Scaling up technology-embedded project-based science in urban schools. *Educational Psychologist*, 35(3), 149–164. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3503_2
- Cabrera-Castillo, H. G., & Dominguez-Prada, E. R. (2020). Análisis De Objetos Virtuales De Aprendizaje Centrados En El Principio De Le Chatelier. *Revista Convergencia Educativa*, 7, 1–21. <https://doi.org/10.29035/rce.7.5>
- Candela-Rodríguez, B. F. (2012). *La captura, la documentación y la representación del CPC de un profesor experimentado y “ejemplar” acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia (Trabajo de Grado)* [Universidad del Valle]. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/4656/CB-0460684.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Candela, B. F. (2016a). *La Ciencia Del Diseño Educativo* (pp. 1–214). Programa Editorial

Universidad del Valle.

- Candela, B. F. (2016b). La Educación En Ciencias: Una Tradición De Investigación Consolidada Como Una Disciplina Científica. En *Boletín Virtual* (Vol. 5, Números 2266–1536, pp. 1–20).
- Candela, B. F. (2019). Los estudios de diseño una metodología de investigación novedosa para la educación. En *Revista de la Facultad de Ciencias* (Vol. 8, pp. 137–155).
<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v8n2.79267>
- Candela, B. F. (2020). *Integrando las TIC a la escuela de la sociedad del conocimiento: Formación y desarrollo profesional docente* (Programa E). Colección Educación y Pedagogía. <https://doi.org/10.25100/peu.456>
- Candela, B. F. (2021). El diseño y desarrollo de animaciones como estrategia que ayuda a mediar la comprensión del equilibrio químico en la escuela. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 75, 124–136. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.75.1787>
- Candela, B. F., & Cataño Pereira, R. (2019). Diseño de una progresión de aprendizaje hipotética para la enseñanza de la estequiometría por comprensión conceptual e integrada. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, 0121–3814, 107–120. <https://doi.org/10.17227/ted.num45-9837>
- Candela, B. F., & Reyes-García, P. A. (2018). Implementación Y Evaluación De Un Objeto De Aprendizaje: El Caso De Las Relaciones Entre Los Factores Abióticos Y Los Seres Vivos. *Revista Bio-grafía, escritos sobre la biología y sus enseñanzas*, 11(20), 97–114.
- Candela, B. F., & Reyes, P. A. (2018). Implementación Y Evaluación De Un Objeto De Aprendizaje: El Caso De Las Relaciones Entre Los Factores Abióticos Y Los Seres Vivos. *Biografía*, 11(20), 97–114.
- Colmenares-E, A. M., & Lourdes, P.-M. (2008). LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. *Laurus*, 14(27), 96–114.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=7611189200>
- De Benito Crosetti, B., & Salinas Ibáñez, J. M. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*,

0, 44–59. <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>

De Roux-Rengifo, A. (2009). Prologo. En A. J. CT Valencia (Ed.), *Objetos de Aprendizaje, Prácticas y perspectivas educativas* (pp. 7–8). Colección Univirtual.

Dehesa de Gyves, N. (2015). La investigación en el aula en el proceso de formación docente. En *Perfiles Educativos* (Vol. 37, pp. 17–34).

Díaz-Barriga Arceo, F. (2012). Reformas curriculares y cambio sistémico: una articulación ausente pero necesaria para la innovación. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 3, 23–40. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2012.7.63>

Dominguez-Prada, E. R. (2017). *Implicaciones Derivadas Del Análisis De Objetos Virtuales De Aprendizaje Utilizados En La Enseñanza Del Principio De Le Chatelier*. Universidad del Valle.

Espinosa-Rios, E. A. (2016). La reflexión y la mediación didáctica como parte fundamental en la enseñanza de las ciencias: un caso particular en los procesos de la formación docente. *TED*, 1, 107–128.

Feria-Marrungo, I. M., & Zuñiga-lopez, K. S. (2016). Objetos virtuales de aprendizaje y el desarrollo de aprendizaje autónomo en el área de inglés. *Revista Praxis*, 12, 63–77.

Garay-Talero, A., Candela, B. F., & Viafara-Ortiz, R. (2019). *Teorías Del Diseño Instruccional Y Los Objetos De Aprendizaje: El Caso Del Equilibrio Químico Dinámico* (pp. 9–97).

Garay-Talero, A., & Reina-Gamboa, J. (2016). *Teorías Del Diseño Instruccional Y Los Objetos De Aprendizaje: El Caso Del Equilibrio Químico Dinámico.(Trabajo De Grado)* [Universidad Del Valle]. <http://hdl.handle.net/10893/12963>

Guerrero-Garcia, C. A. (2011). *La incidencia de las reformas educativas en la enseñanza de la historia en Colombia, 1973 - 2007*. Universidad Nacional de Colombia.

Hernandez-Sampieri, R., Fernandez-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6). McGraw-Hill Interamerica.

Hernandez, L., Acevedo, J. A. s, Martinez, C., & Cruz, B. C. (2014). *El uso de las TIC en el aula : un análisis en términos de efectividad y eficacia* (p. 21).

- Hernando, M., Furio, C., Hernandez, J., & Calatayud, M. L. (2003). Comprensión Del Equilibrio Químico Y Dificultades En Su Aprendizaje. En *Enseñanza De Las ciencias* (p. 8).
- Hodson, D. (1994). Hacia Un Enfoque Más Crítico Del Trabajo De Laboratorio. *Enseñanza De La Ciencias*, 12(3), 299–313.
- Huerta, P., & Irazoque, G. (2009). El equilibrio químico, una investigación de aula. En *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* (pp. 2646–2650).
- Kawulich, B. B. (2005). La observación participante como método de recolección de datos. *Forum: Qualitative Social Research*, 6(2), 32. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0502430>
- Kesidou, S., & Roseman, J. E. (2002). ¿Qué tan bien están a la altura los programas de ciencias de la escuela intermedia? Hallazgos de la revisión del plan de estudios del Proyecto 2061. *JRST* (Vol. 39, Número 6, pp. 522–549). <http://www.sciepub.com/reference/133109>
- Klopfer, L. E. (1983). La investigación y la crisis de la enseñanza de las ciencias. *Educación científica*, 67(3), 283–284.
- Mena-Rodriguez, H. Y. (2012). *Estrategia De Aula Para La Enseñanza Del Concepto De Equilibrio Químico Acido- Base Para Estudiantes Del Grado Once De Enseñanza Media*. Universidad Nacional de Colombia.
- Millar, R., Tiberghien, A., & Maréchal, J.-F. (2002). Varieties of Labwork: A Way of Profiling Labwork Tasks. En Psillos D., Niedderer H. (eds) *Teaching and Learning in the Science Laboratory* (pp. 9–20). https://doi.org/10.1007/0-306-48196-0_3
- Ministerio de Educacion Nacional. (2012). Recursos Educativos Digitales Abiertos. En *Sistema Nacional de Innovación Educativa con Uso de TIC* (pp. 1–81).
- Morales-Ramos, L. A., & Guzmán Flores, T. (2014). El vídeo como recurso didáctico para reforzar el conocimiento. *Memorias del Encuentro Internacional de Educación a Distancia*, 3(3), 1–11. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3144.7521>
- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Creación de significado en las aulas de ciencias secundarias*

(1a ed.). McGraw-Hill, Inc.

- Núñez-López, S., Ávila-Palet, J. E., & Olivares-Olivares, S. L. (2017). El desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes universitarios por medio del aprendizaje basado en problemas. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 8(23), 84–103.
<https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2017.23.3012>
- Okuda-Benavides, M., & Gómez-Restrepo, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(1), 118–124.
- Oñorbe De Torre, A., & Sanchez-Jimenes, J. (1996). Dificultades En La Enseñanza-Aprendiza De Los Problemas De Física Y Química. *Investigacion y Experiencias Didacticas*, 14(3), 251–260.
- Paixao, M. de F., & Cachapuz, A. (1999). La enseñanza La Formación De Profesores De Enseñanza Primaria Para La Reforma Curricular : De La Teoría a La Práctica. En *Enseñanza de las ciencias* (pp. 69–77).
- Palomeque, L. A., & Botero, J. F. (2014). *El OVA Como Estrategia Para La Enseñanza Aprendizaje De La Cinética Química* (p. 4).
http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/mtria_ensenanza/cinetica/#/
- Perkins, D. N. (1992). *La escuela inteligente del adiestramiento de la memoria a la educacion de la mente* (pp. 1–22).
- Perkins, D. N., & Unger, C. (1999). Enseñar y aprender para la comprensión. En *Teorías y modelos de diseño instruccional: un nuevo paradigma de la teoría instruccional* (Vol. 2, pp. 91–114).
- Plomp, T. (2013). Educational Design Research: An Introduction. En *Educational Design Research* (pp. 10–51). Enschede: SLO.
https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/14472302/Introduction_20to_20education_20design_20research.pdf
- Quilez-Pardo, J., & Sanjose-Lopez, V. (1995). Errores Conceptuales En El Estudio Del Equilibrio Químico: Nuevas Aportaciones Relacionadas Con La Incorrecta Aplicación Del Principio De Le Chatelier. *Investigación Y Experiencias Didácticas*, 13, 72–80.

- Raviolo, A., & Martínez-Aznar, M. (2003). Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. *Educación Química*, 14(3), 159–165.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2003.3.66244>
- Reigeluth, C. (1999). ¿Qué es la teoría del diseño educativo y cómo está cambiando? En *teorías y modelos de diseño : Un nuevo paradigma de la teoría instruccional* (Vol. 2, pp. 5–29).
- Rocha, A. L., Rodeja-Fernández, E. G., & Domínguez-Castiñeiras, J. M. (2000). Dificultades en el aprendizaje del equilibrio químico. *Revista de Estudios e Experiencias Educativas*, 16, 163–178.
- Romero-Ariza, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 7(14), 159–176. www.redalyc.org/articulo.oa?id=281032883012
- Romero, I., Gómez, P., & Pinzón, A. (2018). Compartir metas de aprendizaje como estrategia de evaluación formativa: Un caso con profesores de matemáticas. *Perfiles Educativos*, 40(162), 117–137. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2018.162.58632>
- Rosanigo, Z. B., & Bramati, P. (2008). *Objetos De Aprendizaje* (pp. 2–6).
- Ruiz, J. G., Mintzer, M. J., & Issenberg, B. (2008). Objetos de Aprendizaje en Educación Médica. *Revista Educación Ciencias de la Salud*, 5(2), 123–128.
<http://www.udec.cl/ofem/recs/anteriores/vol522008/artrev5208.pdf>
- Sánchez-Serrano, R. (2013). La observación participante como escenario y configuración de la diversidad de significados. En *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social* (FLACSO, Me, pp. 93–123).
<http://www.jstor.org/stable/j.ctt16f8cd1.7>
- Schmidt, W. H., Wang, H. C., & McKnight, C. C. (2005). Curriculum coherence: An examination of US mathematics and science content standards from an international perspective. *Journal of Curriculum Studies*, 37(5), 525–559. <https://doi.org/10.1080/0022027042000294682>
- Steffe, L. P., & Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying

- principles and essential elements. En En A. E. Kelly y R. A. Lesh (Ed.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 267–307). Mahwah: NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Strauss, A., & Corbin, J. (2016). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*.
- Taquez, H., Rengifo, D., & Mejía, D. (2017). *Diseño de un instrumento para evaluar el nivel de uso y apropiación de las TIC en una institución de educación superior*. (Número 2009, p. 30). <http://recursos.portaleducoas.org/sites/default/files/5030.pdf>
- Torres Salas, M. I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica@ Educare, XIV*, 131–142.
- Turrent-R, A. (2004). *El Diseño Instruccional Y Su Importancia En La Elaboración De Materiales De Apoyo Didáctico*. (pp. 1–5).
- Wiley, D. A. (2000). *Learning Object Design and Sequencing Theory (doctoral thesis)*. Brigham Young University.
- Yin, R. K. (2003). Case Study Research, Design and Methods. *American Psychological Association.*, 1–265. <https://doc1.bibliothek.li/acc/flmf044149.pdf>