



**DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA SOBRE EL COMPORTAMIENTO
DE LAS SUSTANCIAS EN ESTADO GASEOSO**

**LINA MARCELA GALLARDO GUZMÁN
GINA VANESSA TORRES PERLAZA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL
CALI
2017**



**DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA SOBRE EL COMPORTAMIENTO
DE LAS SUSTANCIAS EN ESTADO GASEOSO**

**LINA MARCELA GALLARDO GUZMÁN
GINA VANESSA TORRES PERLAZA**

**Trabajo de grado para optar al título de Licenciadas en Educación Básica con Énfasis
en Ciencias Naturales y Educación Ambiental**

**Mg. BORIS FERNANDO CANDELA RODRÍGUEZ
Mg. ROBINSON VIAFARA ORTIZ
Directores de Tesis**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN
CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL
CALI
2017**



INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y
PEDAGOGÍA
Subdirección Académica

ACTA DE EVALUACIÓN DE TRABAJO
DE GRADO

Programa Académico LIC. EN EDUC. BÁSICA. CON ENF. EN C. NA Y EDUC. AMB. Fecha

Código del programa: 3467-DIU

Resolución del programa: 118

Día	Mes	Año
25	4	2017

Título del Trabajo o Proyecto de Grado
DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS EN ESTADO GASEOSO

Se trata de:

Proyecto ☐

Informe Final ☒

Director

ROBINSON VIAFARA ORTIZ-BORIS CANDELA

Nombre del Primer Evaluador

CARLOS URIBE GARTNER

Nombre del Segundo Evaluador

HUGO BOTERO

Estudiantes

Nombres y Apellidos	Código	Plan	E-mail	Teléfonos de contacto
LINA MARCELA GALLARDO GUZMAN	1227595	3467-DIU	linatapea@gmail.com	318-5067573
GINA VANESSA TORRES PERLAZA	1222452	3467-DIU	ginaxtorres@gmail.com	301-3642021

Evaluación

Aprobado



Meritorio



Laureado



Aprobado con recomendaciones



No Aprobado



Incompleto



En el caso de ser **Aprobado con recomendaciones** (diligenciar la página siguiente), éstas deben presentarse en un plazo máximo de _____ (máximo un mes) **ante:**

Director del Trabajo o Proyecto de Grado



Primer Evaluador



Segundo Evaluador



En el caso de que el Informe Final se considere **Incompleto** (diligenciar la página siguiente), se da un plazo máximo de _____ semestre (s) para realizar una nueva reunión de Evaluación el: _____

En el caso que no se pueda emitir una evaluación por falta de conciliación de argumentos entre Director, Evaluadores y Estudiantes, expresar la **razón del desacuerdo** y las **alternativas** de solución que proponen (diligenciar la página siguiente).

Firmas

ROBINSON VIAFARA ORTIZ
BORIS CANDELA
Director del Trabajo o Proyecto de Grado

CARLOS URIBE GARTNER
Primer Evaluador

HUGO BOTERO
Segundo Evaluador

AGRADECIMIENTOS

Lina Marcela Gallardo Guzmán

Primeramente, le agradezco mucho a mi Dios por haberme dado siempre la fortaleza, la paciencia y la sabiduría durante el desarrollo de este trabajo de grado, y tener la confianza de que este proceso concluiría de la mejor manera.

Igualmente, quiero darles las gracias y dedicar este trabajo a mi hermosa y amada familia, quienes con su amor y apoyo incondicional, constantemente me brindaron ánimos y fuerzas para sacar adelante mi carrera y este trabajo de investigación. Gracias a mi mamá Luz Dary Guzmán por haber estado pendiente de mi trabajo académico y tener la disposición para escuchar mis lamentos y preocupaciones, entre muchas otras cosas. Gracias a mi papá Giovanni Gallardo por siempre haberme cuidado y consentido mientras yo me encontraba dedicada a realizar esta investigación; y gracias a ambos por haber confiado ciegamente en mis capacidades durante todo este tiempo. Gracias a mi hermano Jonathan Gallardo por haber tenido en todo momento la mejor actitud para ayudarme cuando yo más lo requería y suplir lo que necesitara. Muchas gracias a todos ustedes por su inmenso e invaluable apoyo.

Así mismo, le doy las gracias a mi pareja German Ávila, quien me acompañó durante todo este proceso de investigación, brindándome su respaldo, comprensión y paciencia, además de darme ánimo y llenarme de confianza en mí misma para seguir adelante y creer que todo lo que yo quisiera lo podía lograr. Muchas gracias por esas palabras de apoyo que me hicieron sentir mejor y más segura para continuar con firmeza el desarrollo de este trabajo.

También, quiero agradecerle a mi compañera de tesis Gina Torres, por haber hecho de este trabajo de grado algo más profundo, valeroso y enriquecedor con sus conocimientos, posturas, creatividad y buena actitud. A través del desarrollo del mismo, pude ver la excelente calidad de licenciada que se ha formado junto a mí durante estos cinco años, y a quien le auguro un prominente futuro como profesional de la educación.

Muchísimas gracias a mis directores de tesis, Boris Candela y Robinson Viafara, por orientarnos de manera oportuna en el desarrollo de esta investigación y con la mejor disposición para que esta nos aportara elementos a nuestra formación como docentes de ciencias naturales. Gracias profes por dedicarnos su tiempo para guiarnos académicamente con sus conocimientos, y por ser los excelentes profesionales, y sobre todo personas que son.

Finalmente, agradezco a todos mis compañeros y amigos que con sus palabras de aliento me animaron a continuar con la mejor actitud en este proceso investigativo, y me recordaron que todo es posible con esfuerzo, compromiso y entusiasmo.

Gina Vanessa Torres Perlaza

En primer lugar, quiero dedicar y agradecer este trabajo a mi familia, por brindarme todo lo necesario para ser la persona que hoy soy y de la que me siento muy orgullosa; por ello creo que he logrado conocer el éxito.

Infinitas gracias a mi hermosa madre, Yamileth Perlaza por su amor, por todo el esfuerzo y sacrificio realizado para poder sacar a sus hijos adelante; por el gran ejemplo de persona, de mujer y madre que es y por todo el orgullo que me hace sentir el saber que es mi mami... Te amo y todo lo que he hecho y hare en mi vida, es para honrarte y que te sientas orgullosa de la persona que has criado.

Les agradezco a mis hermanos John Edwin y Juan Camilo, que siempre han sido un motivo para superarme cada día y construir una vida digna; los amo inmensamente. A mi padrastro, Osvaldo Mosquera que aunque no esté entre nosotros siempre fue una persona con la que podía contar, y que seguramente etaria muy orgulloso de verme titular como licenciada. A mi padre Julián Torres que a pesar de no vivir conmigo, siempre me ha hecho sentir que puedo contar con él y que me ama incondicionalmente.

También, quiero agradecer a mis dos excelentes tutores, Boris Candela y Robinson Viafara por su gran acompañamiento y por toda la disposición que tuvieron para que este trabajo se realizará con los debidos cuidados. Mil gracias por las divertidas reuniones, por los chistes y carcajadas durante el proceso de construcción de esta investigación y sobre todo, por la calidad de persona que siempre demostraron ser.

A sí mismo, le agradezco de todo corazón a mi compañera y amiga Lina Gallardo, por su inteligencia, dedicación, apoyo, disposición y entereza entregados para que este trabajo de grado se construyera de la mejor manera posible. Eres una persona digna de toda admiración, por la calidad de estudiante y futura licenciada e investigadora que serás, así como por la persona que eres; responsable, trabajadora, perseverante y correcta. Te deseo todo el éxito mi Linis.

Igualmente, les agradezco mis compañeros y amigos que me brindaron su cariño y respaldo durante este proceso de formación, en especial a Luz Virgen y Yeison Arboleda por su incondicional apoyo y entusiasmo a través de estos cinco años de trabajos, trasnocho, risas y demás.

Finalmente, le quiero agradecer a todos y cada uno de los docentes que de una u otra manera contribuyeron en mi formación profesional y como persona.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.2. ANTECEDENTES	18
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA.....	29
2.1. DISEÑO DE LA ENSEÑANZA	29
2.1.1. Conceptualización de la línea del diseño educativo	29
2.1.2. Importancia del diseño de la enseñanza de tópicos específicos	31
2.1.2.1. Teorías de dominio específico	32
2.1.2.2. Materiales de enseñanza	33
2.1.3. Elementos que caracterizan la línea de investigación de los estudios del diseño...34	
2.1.3.1. Teorías del aprendizaje	34
2.1.3.1.1. Conductista.....	35
2.1.3.1.2. Cognoscitiva.....	35
2.1.3.1.3. Constructivista.....	37
2.1.3.2. Pedagogía general	40
2.1.3.2.1. Rutinas.....	41
2.1.3.2.2. Técnicas.....	41
2.1.3.2.3. Estrategias de enseñanza	43
2.1.3.2.4. Modelos de enseñanza de las ciencias.....	43
2.1.3.3. Teorías del diseño instruccional.....	44
2.1.3.4. Aportes de la literatura del campo de la educación en ciencias.....	44
2.1.4. Principios del diseño.....	45
2.1.4.1. Selección y descomposición de la gran idea.....	46
2.1.4.2. Metas de aprendizaje.....	47
2.1.4.3. Reconocimiento de las dificultades de Enseñanza y Aprendizaje	47
2.1.4.4. Estrategias de enseñanza.....	48
2.1.4.5. Evaluación continua y formativa	49
2.1.4.6. Coherencia curricular.....	49

2.2. ANÁLISIS CONCEPTUAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS EN ESTADO GASEOSO	51
2.2.1. La presión de un gas	51
2.2.2. Teoría cinética de los gases	51
2.2.3. Leyes de los gases.....	52
2.2.3.1. Ley de Boyle	53
2.2.3.2. Ley de Charles	53
2.2.3.3. Ley de Gay-Lussac	54
2.2.3.4. Ley de Avogadro.....	54
2.2.4. Ley general de los gases ideales o Ley combinada de los gases	54
2.2.5. Ley de presiones parciales	55
CAPÍTULO 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	57
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	57
3.2. PROPÓSITOS	59
3.3. INSTRUMENTO METODOLÓGICO	60
3.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	61
3.4.1. Generación de una teoría de dominio específico a través del instrumento metodológico de la Representación del Contenido (ReCo) como una heurística para el diseño y desarrollo de materiales de enseñanza.	62
3.4.2. Materialización en un formato digital de la teoría de dominio específico generada sobre la enseñanza del contenido comportamiento de las sustancias en estado gaseoso. 67	
CAPÍTULO 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	69
4.1. TEORÍA DE DOMINIO ESPECÍFICO SOBRE LA ENSEÑANZA DEL CONTENIDO COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS EN ESTADO GASEOSO.	70
4.2. MATERIALIZACIÓN EN UN FORMATO DIGITAL DE LA TEORÍA DE DOMINIO ESPECÍFICO SOBRE LA ENSEÑANZA DEL CONTENIDO COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS EN ESTADO GASEOSO.....	106
CONCLUSIONES.....	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
ANEXOS.....	117

ANEXO 1. ADAPTACIÓN DE INSTRUMENTO METODOLÓGICO ReCo	
(REPRESENTACIÓN DEL CONTENIDO).....	117
ANEXO 2. CARACTERIZACIÓN DEL SOFTWARE EXE-LEARNING	118

RESUMEN

En la presente investigación se realizó el diseño de un material de enseñanza para el contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, caracterizado por presentar coherencia intracurricular. Dicha coherencia se logró mediante la revisión de las teorías resultantes de la investigación en el campo de la educación (teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño instruccional y la literatura en educación en ciencias), que permitieron responder las preguntas que conforman el instrumento metodológico utilizado para elaborar este diseño, el cual se denomina Representación del Contenido (ReCo). Ahora bien, la metodología utilizada fue cualitativa de tipo descriptivo, generando como resultados, una teoría de dominio específico sobre la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, y su materialización en un formato digital, completando así el proceso de diseño del material de enseñanza. A manera de conclusión, se reconoce el potencial de la ReCo para brindar una posibilidad de vencer la brecha existente entre la práctica del diseño y la investigación educativa, al permitir la reflexión y la toma de decisiones curriculares y de enseñanza en el proceso de diseño de materiales de enseñanza, de manera informada por la teoría educativa.

Palabras claves: Diseño de materiales de enseñanza; ReCo; Coherencia intracurricular; Teoría de dominio específico; Material de enseñanza; Comportamiento de las sustancias en estado gaseoso.

ABSTRACT

In the present investigation, the design of a teaching material for the content "*Behavior of substances in the gaseous state*" was done, characterized by the intracurricular coherence. This coherence was achieved by reviewing the resulting theories from research in the field of education (learning theories, general pedagogy, theories of instructional design and literature in science education), which allowed to answer the questions that comprise the methodological tool used to elaborate this design, which is called Content Representation (CoRe). On the other hand, the methodology used in this investigation is qualitative descriptive, generating as results, a theory of specific domain on the teaching of the topic "*Behavior of the substances in the gaseous state*", and its materialization in a digital format, thus completing the process of design of the teaching material. As a conclusion, it is recognized the potential of CoRe to provide a

possibility to overcome the existing gap between design practice and educational research, by allowing reflection and curricular and teaching decision making in the process of designing teaching materials, informed by educational theory.

Keywords: Teaching materials design; CoRe; Intracurricular coherence; Specific domain theory; Teaching material; Behavior of substances in the gaseous state.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación consiste en el diseño de un material de enseñanza sobre el contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, dirigido a estudiantes del nivel educativo Décimo a Undécimo en el contexto colombiano, y ajustado a las políticas estatales en educación en ciencias como los estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales, y los lineamientos curriculares de las ciencias naturales. En dicho diseño, las decisiones curriculares y de enseñanza que lo configuran, se encuentran sustentadas desde las teorías educativas de nivel general (como las teorías del aprendizaje, la pedagogía general y las teorías del diseño instruccional), y las teorías educativas de nivel intermedio derivadas de los estudios del campo de la educación en ciencias, relacionadas con el contenido abordado.

De esta manera, el diseño se caracteriza por presentar una coherencia intracurricular, que resulta del alineamiento entre los elementos del diseño, como: estándares de contenido, metas de aprendizaje, prácticas científicas, estrategias de enseñanza, actividades de aprendizaje y evaluación; todo ello en relación a la enseñanza y aprendizaje de un tópico específico. Así pues, el diseño de este material de enseñanza con coherencia intracurricular, busca mostrar una posibilidad de fortalecer la conexión que deben establecer los docentes entre la teoría y la práctica del diseño al momento de diseñar la enseñanza y/o materiales de enseñanza. Esto, con el fin de aportar a la reducción de la amplia brecha existente entre la práctica del diseño y los marcos teóricos y metodológicos provenientes de las investigaciones en el campo de la educación (Agudelo, 2015; Alzaghibi, 2010; Candela, 2016^a; Furió & Furió, 2009; Leach, Amettler & Scott, 2009; Ruthven, Laborde, Leach & Tiberghien, 2009).

De acuerdo con lo anterior, se elaboró el diseño del material de enseñanza haciendo uso del instrumento metodológico denominado Representación del Contenido (ReCo), que posibilita la reflexión y toma de decisiones curriculares y de enseñanza de manera informada. De este modo, dicho instrumento orientó la generación de una teoría de dominio específico sobre el comportamiento de sustancia en estado gaseoso, la cual fundamentó al material de enseñanza diseñado.

Ahora bien, la metodología utilizada fue cualitativa de tipo descriptivo que se desarrolló en dos fases: 1) la generación de una teoría de dominio específico a través del instrumento metodológico (ReCo) como una heurística para el diseño y desarrollo de materiales de enseñanza; y 2) la materialización en un formato digital de la teoría de dominio específico

generada sobre el contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*. El desarrollo de estas dos fases, permitieron la obtención de los resultados de la investigación; la teoría de dominio específico sobre la enseñanza del comportamiento de las sustancias en estado gaseoso y su materialización en un formato digital, completando así el diseño del material de enseñanza sobre el contenido en cuestión.

En ese sentido, el trabajo se encuentra conformado por cuatro capítulos, los cuales se detallan brevemente a continuación. El capítulo 1, expone los elementos que estructuran al objeto de estudio: justificación, antecedentes y planteamiento del problema. El capítulo 2, presenta el marco conceptual de referencia bajo el cual se sustenta cada uno de los elementos que componen la pregunta problema de investigación: diseño de la enseñanza y análisis conceptual sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso. El capítulo 3, muestra la propuesta metodológica con la que se buscó dar respuesta a la pregunta de investigación planteada. El capítulo 4, expone los resultados obtenidos: la teoría del dominio específico sobre la enseñanza del comportamiento de las sustancias en estado gaseoso y la materialización de dicha teoría en un formato digital (página web). Por último, se presentan las conclusiones generadas a través del proceso de la investigación.

CAPÍTULO 1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se presentan los tres elementos fundamentales que estructuran al objeto de estudio en la presente investigación: 1) La justificación, donde se expone por qué es importante la coherencia curricular en el diseño de materiales de enseñanza; 2) Los antecedentes, que corresponde a la revisión de investigaciones que se han realizado en la enseñanza de las ciencias, y que tienen elementos comunes a los asumidos en este trabajo; y 3) El planteamiento del problema, en el que se define el objeto de estudio de la investigación

1.1. JUSTIFICACIÓN

Un aspecto que se ha considerado decisivo en el proceso de aprendizaje de ciencias de los estudiantes, es la coherencia curricular como característica de los materiales de enseñanza¹. Esto significa que dicha característica en los materiales puede incidir positivamente en el nivel de comprensión conceptual de las ciencias logrado por parte de los estudiantes (Candela, 2016a; Schmidt, Wang & McKnight, 2005). Por este motivo, es valorada como uno de los principios claves para el diseño de materiales de enseñanza (Candela, 2016a).

Cabe aclarar que la coherencia curricular desde esta perspectiva se entiende en términos de secuenciación de los temas que son fundamentales para la comprensión de los contenidos de la ciencia a ser enseñados, la profundidad con la que son estudiados dentro y a través de los grados, y su ajuste a las metas de aprendizaje que se hayan definido (Candela, 2016a; Schmidt et al., 2005). Además, esta coherencia tiene que ver con la vinculación entre los elementos de la enseñanza que configuran las relaciones conceptuales que deberá construir el estudiante gradualmente (Candela, 2016a). De ahí que, los materiales de enseñanza que posean las características mencionadas posibilitarán al estudiante establecer las relaciones conceptuales y jerárquicas necesarias para la comprensión conceptual de las ciencias (Candela, 2016a)

De esta manera, se considera que para lograr diseñar materiales de enseñanza con coherencia curricular, el diseño debe estar iluminado por las diferentes teorías proporcionadas,

¹En este estudio se considera como materiales de enseñanza al conjunto de actividades de aprendizaje que han sido seleccionadas, secuenciadas y temporalizadas, a partir de las teorías de dominio específico que se representan y documentan por medio de perspectivas de diseño, tales como: Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA); Progresiones de Aprendizaje Hipotéticas (PAH); Objetos de Aprendizaje (OA), entre otros (Candela, 2016a)

tanto por el campo de la educación en general, como las de nivel intermedio provenientes de la educación en ciencias. Como consecuencia, estas teorías permitirían que el diseño de este tipo de materiales esté sustentado por un conjunto de decisiones curriculares y de enseñanza, que a su vez, se basan en aspectos particulares de las teorías del aprendizaje, las teorías del diseño instruccional, la pedagogía general y la literatura en educación en ciencias que se encuentran relacionadas con el contenido disciplinar en cuestión (Candela, 2016a)

Es importante señalar que, una forma de realizar aquella toma de decisiones curriculares y de enseñanza en el diseño es a través de la construcción continua de la ReCo (Representación del Contenido) como instrumento metodológico que contribuye a superar la brecha entre la teoría y la práctica del diseño de la enseñanza de los contenidos del currículo de la química. Dicho de otro modo, este instrumento posibilita la fundamentación e información de la toma de decisiones sobre el cómo enseñar un contenido específico y cómo contribuir a mejorar su aprendizaje en los estudiantes, haciendo posible al diseñador explicitar, documentar y representar una teoría de dominio específico, la cual oriente el diseño y la construcción de un material de enseñanza que permita hacer frente a las dificultades de enseñanza de un determinado contenido.

Ahora bien, la importancia de diseñar un material de enseñanza acerca del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, radica en que este es útil para continuar extendiendo en los estudiantes el desarrollo de uno de los esquemas conceptuales de cuantificación, el *esquema de la proporcionalidad directa e inversa*. Cabe mencionar que este tipo de esquemas son estimados como imprescindibles para la comprensión de diferentes conocimientos científicos abordados en el aula (Pozo, 2009). Con respecto al esquema de la proporcionalidad, se sostiene que muchos de los conceptos científicos incluyen una relación entre dos conceptos, y que en las ciencias naturales, además, dicha relación suele asumir la forma de una proporción (Pozo, 2009).

De acuerdo con lo anterior, el aportar al desarrollo del esquema de la proporcionalidad directa e inversa es un asunto de relevancia, en el sentido de que es una base de conocimiento necesaria para el aprendizaje de otros contenidos científicos. Se espera lograr dicho aporte, al diseñar un material de enseñanza sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso que presente una coherencia interna, al estar informado por algunas de las teorías educativas de nivel general (como las teorías del aprendizaje, la pedagogía general y las teorías del diseño

instruccional), y las teorías de nivel intermedio del campo de la educación en ciencias, relacionadas con dicho contenido.

Adicionalmente, se debe considerar que el contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso* se caracteriza por presentar un alto nivel de abstracción, lo que se convierte en un obstáculo para que los estudiantes lo comprendan, pues ellos no pueden construir mediante sus sentidos conceptos como movimiento intrínseco, fuerzas intermoleculares, o espacios vacíos entre partículas. Con la intención de hacer frente a este obstáculo, se considera como alternativa el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) dentro del diseño de materiales de enseñanza. Por supuesto, su integración se debe realizar de manera articulada con el contenido y la pedagogía del mismo, haciendo uso de la posibilidad que ofrecen estas tecnologías de representar los diferentes conceptos abstractos que hacen parte de este contenido mediante el uso de modelos que contribuyen a disminuir su nivel de abstracción.

Para lograr dicha integración, se hace fundamental que el diseñador ponga en juego su conocimiento sobre las tecnologías para la enseñanza de un contenido específico. Como se sabe, los beneficios de estas tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje no dependen exclusivamente de sí mismas, sino que además es el diseñador quien previamente tiene la responsabilidad de tomar las decisiones sobre el diseño de materiales de enseñanza que involucren las TIC necesarias y pertinentes para promover aprendizajes en los estudiantes con relación a un tema particular.

Finalmente, de la construcción de este diseño se espera obtener como resultados el planteamiento de una teoría de dominio específico y la producción de un material de enseñanza en soporte informático, que podrían ser utilizados por otros diseñadores y educadores en el abordaje de la enseñanza del contenido “*comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*”, para potenciar su propio conocimiento al respecto. Es decir, dicha teoría y material pueden servir como punto de referencia para determinar qué se debe o no implementar en la enseñanza de este contenido, de acuerdo a los conocimientos pedagógicos que posea cada sujeto frente a ello, y al contexto para el cual se va a elaborar el diseño.

1.2. ANTECEDENTES

Los antecedentes están organizados de acuerdo a las temáticas que son necesarias desarrollar para dar solución a la pregunta de investigación. En consonancia con esto, se presentan los siguientes temas:

- 1) Diseño de materiales de enseñanza sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso.
- 2) La ReCo como instrumento metodológico de diseño de materiales de enseñanza.
- 3) El uso de la coherencia curricular como fundamento para el diseño de la enseñanza.

A continuación, se desarrollan cada uno de estos temas.

1) Frente al diseño de materiales orientados a la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, Triana (2012), muestra en su trabajo una metodología desde una visión del diseño como mera construcción de actividades, dejando de lado aspectos importantes a tener presentes en el diseño de materiales, como la selección de una idea fundamental, las metas de aprendizaje, las dificultades y limitaciones de enseñanza de esa idea, los conocimientos previos y posteriores a dicha idea, las estrategias de enseñanza más apropiadas, los conocimientos previos de los estudiantes sobre la idea a abordar y la evaluación continua. Sin embargo, Gómez (2012) quien propone el diseño de una unidad didáctica para la enseñanza de las leyes de los gases, a pesar de que plantea en la metodología la fase del diseño como la sola planeación de actividades, en esta misma sección del trabajo y en el marco teórico, hace referencia a la necesidad de saber los conocimientos previos de los estudiantes para a partir de ellos construir las actividades. Además, el autor expresa que es conveniente considerar las estrategias de enseñanza-aprendizaje más adecuadas para la aplicación de las actividades planeadas, aclarando que en su caso, la estrategia a implementar es por medio de la construcción de pequeños grupos colaborativos, que en su totalidad constituyen el llamado grupo – clase. Cabe mencionar que estos dos aspectos son de interés para la presente investigación, ya que aquí estos son vistos como relevantes de ser retomados en el diseño del material.

En contraste con las anteriores propuestas, Carmona y Díaz (2013) plantean en su trabajo de grado el diseño de un material didáctico manipulativo (juego de mesa), el cual busca fortalecer el proceso de enseñanza aprendizaje de contenidos específicos de química, física y biología, dentro de los que se encuentra el contenido *propiedades físicas y químicas de los*

gases. Conviene indicar que, en las secciones de metodología y de diseño y elaboración, las autoras exponen que su diseño se enmarca dentro de unas fases propuestas por algunos autores para la elaboración y diseño de un material didáctico (fase de formulación, fase de diseño y fase de producción), ya que se concibe el diseño como un proceso organizado y sistemático.

En dichas fases, se expresa que al realizar el diseño de un material se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: identificación de la idea central; ajuste de esa idea a la audiencia; diagnóstico de las necesidades, intereses y características del grupo al cual estará dirigido el material; determinación del modelo de aprendizaje a seguir; el nivel de conocimientos previos requeridos; las formas más adecuadas de adquisición de nuevos conocimientos; la finalidad educativa; el tipo de recurso y los requerimientos necesarios para llevarla a cabo; asociación del contenido específico a desarrollar con las características del material didáctico; producción del material, para lo que se puede contar con la ayuda de un diseñador gráfico y/o ingeniero en sistemas; y, planteamiento de actividades y preguntas contextualizadas. Estos aspectos dejan ver que la forma en cómo se concibe el diseño en esta investigación, es mucho más compleja que verlo sólo como el planteamiento de actividades, pues se percibe que el diseño requiere del uso de los conocimientos desarrollados en el campo de la educación en general, la aplicación de los conocimientos científicos vinculados con el componente pedagógico y didáctico, y el empleo del componente técnico, todo lo cual sustenta el planteamiento de las actividades de enseñanza-aprendizaje. Esta postura es compartida por las autoras de la presente investigación.

2) En relación a la implementación de la ReCo como instrumento metodológico en el diseño de propuestas de enseñanza, no se ha encontrado gran número de investigaciones al respecto, salvo las de Cabezas (2016) y Ruiz (2016). En la investigación de Cabezas (2016), el conocimiento propuesto a desarrollar en las aulas de clases se concibe como grandes ideas y no como un anexo del contenido específico. Lo anterior, se debe a que el instrumento metodológico utilizado (ReCo), es construido a partir de una serie de preguntas que el docente debe responder de manera reflexiva respecto al conocimiento disciplinar y pedagógico que posee y/o que debe adquirir y a las estrategias para enseñarlo.

En este sentido, la autora resalta que el diseñar la enseñanza haciendo uso de la ReCo como instrumento metodológico, le posibilita al docente mejorar no solo su conocimiento disciplinar, sino también desarrollar su Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC). Por lo tanto, esta investigación sostiene que el uso de la ReCo para diseñar la enseñanza es una valiosa

estrategia para la formación del docente y para el desarrollo de su CPC, ya que, requiere que reconozca las falencias, dificultades o aspectos a mejorar para fortalecer su formación.

Por su parte, la investigación de Ruiz (2016), reconoce la necesidad de que los docentes en ejercicio identifiquen y desarrollen su conocimiento pedagógico del contenido de las ciencias (CPC). Ya que, esto les brindaría según Appleton (2003) citado por Ruiz (2016, p. 12), la capacidad para diseñar, implementar y evaluar ambientes de aprendizaje, cuyo objetivo principal sea el alcance y la comprensión conceptual e integrada de los tópicos del currículo de las ciencias por parte de los estudiantes; y así, puedan ser partícipes en la toma de decisiones informadas en determinados contextos. Para ello, se realizó la construcción reflexiva y progresiva del instrumento ReCo sobre la nutrición humana (núcleo conceptual desarrollado en la investigación), puesto que dicho instrumento permite, a partir de la solución de los interrogantes que lo componen, la captura y representación del CPC del docente.

Ahora bien, para conocer el CPC del docente sobre la nutrición humana, se diseña un material de enseñanza sobre este contenido en formato digital (blog) informado por dicho conocimiento. Lo anterior se logra gracias a que el uso del instrumento metodológico de la ReCo (en conjunción con las actividades de cualificación desarrolladas) permitió analizar las concepciones alternativas en relación con la disciplina, la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias con las que llega el docente en ejercicio al programa de educación, las cuales influyen de manera significativa en la manera cómo el docente representa y formula el conocimiento científico para su enseñanza a un grupo particular de estudiantes. Todo lo anterior, considerados como aspectos fundamentales para el diseño de la enseñanza.

Por lo tanto, a partir de lo presentado en las investigaciones del Cabezas (2016) y Ruiz (2016), se puede reflexionar sobre lo acertado que sería la utilización de la ReCo como instrumento metodológico en la presente investigación, puesto que posibilita la toma de decisiones curriculares y de enseñanza de manera reflexiva e informada por parte del docente, las cuales deben fundamentar el diseño de materiales de enseñanza, a pesar que dicha herramienta no fue pensada inicialmente por su creador para este fin educativo. Además, en el caso de la investigación realizada por Ruiz (2016), se evidencia la posibilidad que ofrece la ReCo de informar el desarrollo de materiales de enseñanza en formato digital, al permitir conocer cómo el docente representa y formula el conocimiento científico para su enseñanza a un grupo particular de estudiantes, de acuerdo a su naturaleza y dificultades y potencialidades de enseñanza.

3) Por último, en cuanto al uso de la coherencia curricular como fundamento para el diseño de la enseñanza, se han encontrado investigaciones como la de García y Garritz (2006), en la cual se sustenta que el diseño, entendido como una estrategia óptima para la preparación de un conjunto de clases en relación a un tópico específico de ciencia, va más allá de consultar libros de texto que traten el tema a abordar en clase por parte del docente. Estos autores sostienen que, además, se deben considerar y comprender a fondo las múltiples implicaciones, tanto científicas como pedagógicas, que tiene el aprendizaje de dicho tema. De acuerdo con esto, en el diseño es necesario tomar en cuenta elementos como:

[...] la organización y el manejo de la clase, la selección de modelos y estrategias de instrucción, el cuidado del discurso en la clase y las fuentes del conocimiento pedagógico personal, para finalizar con la selección de estrategias de evaluación y valorar el posible éxito o fracaso obtenido durante el tratamiento del tema. (García & Garritz, 2006, p. 111)

De igual forma, plantean que estos elementos deben tener una estrecha relación entre sí en el diseño, ya que el conocimiento del tópico que va a enseñar el docente se encuentra vinculado fuertemente con el proceso de cómo enseñarlo. De este modo, se piensa que esa coherencia en el diseño le permite al docente construir las formas más ajustadas de representación y formulación del tema, logrando facilitar su comprensión a los estudiantes (García & Garritz, 2006).

Es necesario aclarar que, a pesar de que estos autores no hacen referencia de forma explícita en sus planteamientos a la coherencia curricular en el diseño de la enseñanza, sus afirmaciones se corresponden con la forma en que en la presente investigación se entiende dicho término, de ahí que se tome como un antecedente dentro de este trabajo.

También, cabe señalar que estos autores desarrollan dichos planteamientos en la planeación de una unidad didáctica sobre enlace químico, utilizando el modelo de planificación de unidades didácticas propuesto por Sánchez y Valcárcel (1993) citado por García y Garritz (2006, p. 112), y empleando una secuencia de enseñanza constructivista dentro de este modelo. En relación con los propósitos de dicha investigación, una de las intenciones principales de los autores es describir con detalle la planificación de una unidad didáctica siguiendo un modelo diseñado, que puede ser usada en diversas temáticas como por ejemplo el enlace químico, de modo que se dé lugar a una reflexión sobre la complejidad del diseño, tarea a la que debe hacer frente el docente en su práctica educativa.

Además, se encontraron otras investigaciones que contribuyen a comprender la importancia de considerar la coherencia curricular como fundamento en el diseño de materiales de enseñanza, como los trabajos de Agudelo (2015) y Roosevelt (2016). En ambas investigaciones, se considera la coherencia curricular como elemento fundamental para el diseño de la enseñanza de contenidos específicos, puesto que, apoya a los estudiantes en el logro de un aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de las ideas que estructuran el contenido enseñado, y además, contribuye a que el currículo de la química no presente fragmentaciones.

En el trabajo de Agudelo (2015), la coherencia curricular es entendida como la articulación entre la práctica del diseño y los marcos teóricos y metodológicos provenientes de la investigación del campo de la educación. De esta manera, las decisiones curriculares y de enseñanza que el diseñador tome al momento de diseñar, deben estar informadas por dichos marcos, y por las políticas estatales educativas de la educación en ciencias (como los estándares y lineamientos nacionales en educación en ciencias).

De este modo, los diseños de enseñanza con coherencia curricular permiten formular y representar un currículo donde las metas de aprendizaje, los objetivos de enseñanza y resultados de aprendizaje, las estrategias de enseñanza, los materiales curriculares y la evaluación, estén alineados dentro y a lo largo de los grados (Agudelo, 2015). Como consecuencia, se espera que esto contribuya a que los estudiantes aprendan de manera globalizada y no de manera desarticulada. Cabe mencionar además, la aclaración de la autora con respecto a que los marcos teóricos que fundamenten el diseño pueden ser ajustados de acuerdo al contexto al que se enfrente, con el fin de asistir las demandas específicas de los estudiantes y así contribuir a que logren un aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de los contenidos de las ciencias.

Es así que, la investigación de Agudelo (2015) permite advertir la relevancia de estimar la coherencia curricular como fundamento del diseño de la enseñanza, ya que, en el diseño de la SEA (Secuencia de Enseñanza Aprendizaje) que se realizó en dicho trabajo, se evidencia la importancia de la toma de decisiones curriculares y de enseñanza informadas por los marcos teóricos y metodológicos brindados desde las investigaciones del campo de la educación. Dichas decisiones permiten al docente determinar el sendero a seguir en la enseñanza del contenido discontinuidad de la materia, e igualmente a los estudiantes les abre un camino claro que les permita lograr un aprendizaje a partir de la articulación de las ideas que se desarrollen en la enseñanza de dicho contenido.

Con relación a la investigación de Roosevelt (2016), en ella se entiende de la coherencia curricular como la manera en que son secuenciados los tópicos que configuran las grandes ideas de la ciencia y la profundidad con la que se estudian dentro y a través de los grados, (Schmidt et al., 2005, citado por Roosevelt, 2016, p. 22), además de la alineación entre las metas de aprendizaje, grandes ideas, prácticas científicas, conceptos transversales, estrategias de enseñanza y evaluación, entre otros elementos de la enseñanza (Roseman & Linn, 2004, citado por Roosevelt, 2016, p. 23). De acuerdo con ello, se considera en la investigación que el diseño de materiales que busque posibilitar un aprendizaje por comprensión conceptual e integrada, debe permitir al estudiante establecer relaciones entre la ideas científicas abordadas en el aula con el fin de poder construir a partir de ello sus explicaciones a fenómenos cotidianos. Para esto, resulta fundamental que el material presente una coherencia curricular, que permitiría un avance progresivo de las grandes ideas, dentro del mismo nivel educativo y a través de los distintos grados de escolaridad, logrando formas de pensamiento cada vez más sofisticadas.

Cabe mencionar que, en dicho trabajo se sostiene que la falta de coherencia intra e intercurricular en los materiales de enseñanza, dificulta el apoyo a los estudiantes en su desarrollo progresivo de las habilidades para la comprensión y el razonamiento, de manera que no promueven el logro de las metas de aprendizaje propuestas desde las políticas estatales.

Por tal motivo, en la investigación de Roosevelt (2016), se realiza el diseño de una progresión de aprendizaje con coherencia curricular, que posibilite una comprensión conceptual e integrada de una gran idea sobre la estequiometría a los estudiantes, la cual se encuentra sustentada por las teorías de orden general e intermedio, y apoyada en herramientas de diseño.

Ambas investigaciones permiten ver la relevancia de la coherencia curricular como fundamento para el diseño de la enseñanza y/o de materiales de enseñanza, al poner en evidencia que esta apoya el proceso de aprendizaje de los estudiantes desde la comprensión conceptual y el establecimiento de relaciones entre las ideas científicas abordadas en el aula, haciendo posible que sus conocimientos científicos evolucionen progresivamente, y así mismo desarrollen un pensamiento formal y competencias científicas básicas. Además, dicha coherencia en los materiales de enseñanza promueve que su proceso de diseño se realice de manera fundamentada en los desarrollos teóricos y metodológicos provenientes del campo de la educación, bajo los cuales se tomen las decisiones curriculares y de enseñanza pertinentes para el diseño, en las que se consideren los elementos esenciales de la enseñanza.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde el campo de la educación en ciencias, se ha producido un amplio marco teórico dirigido a buscar mejorar el proceso de la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos del currículo de las ciencias naturales (Agudelo, 2015). De allí, se ha derivado que uno de los elementos primordiales para esta mejora es realizar un proceso de diseño de la enseñanza de contenidos específicos, en el cual las decisiones curriculares y de enseñanza estén informadas por el cuerpo teórico y metodológico actual resultante de las investigaciones desarrolladas en el campo de la educación (Agudelo, 2015; Confrey, 2006; Design-Based Research Collective, 2003; Kattmann, Duit, GropengieBer & Komorek, 2005; Kelly, 2003; Sandoval & Bell, 2004; Van den Akker, Gravemeijer, McKenney & Nieveen, 2006). Es decir, que la toma de aquellas decisiones se sustente desde las teorías educativas de nivel general (como las teorías del aprendizaje, la pedagogía general y las teorías del diseño instruccional), y las teorías educativas de nivel intermedio derivadas de los estudios del campo de la educación en ciencias, que estén relacionadas con el contenido particular en cuestión (Candela, 2016a; Design-Based Research Collective, 2003).

Además, se considera que el diseño de la enseñanza es una de las competencias principales que ha de desarrollar el docente de ciencias (Furió & Furió, 2009). Lo anterior, se debe a que esta competencia le da la posibilidad al docente de afrontar con cierto éxito los problemas que pueden surgir en el aula, al pensar el proceso educativo a desarrollar tomando en cuenta los elementos teóricos y metodológicos elaborados desde la investigación en educación (Furió & Furió, 2009), y no desde de la mera intuición o experiencia propia.

Hay que mencionar, adicionalmente, que el diseño de la enseñanza es entendido como una metodología de investigación, debido a que los procesos de diseño y desarrollo de teorías de dominio específico² están muy asociados a un interrogante de indagación (Shavelson, Phillips, Towne & Feuer, 2003, citado por Candela, 2016a, p. 8). Así mismo, este tipo de

²Las teorías de dominio específico se refieren, en este trabajo, al conjunto de orientaciones teóricas y metodológicas sobre cómo apoyar el proceso del aprendizaje de los estudiantes acerca de un contenido específico, desde aspectos como: serie de ideas que configuran el contenido en cuestión; metas de aprendizaje; dificultades/limitaciones y concepciones alternativas; estrategias de enseñanza; formas de representar y formular las ideas; y evaluación formativa del contenido; entre otras. Estas teorías surgen como producto de la interacción sistemática entre las teorías del aprendizaje, la pedagogía, las teorías del diseño instruccional y la literatura en educación en ciencias (Brown, 1990; Candela, 2016a; Cobb et al., 2003; Confrey, 2006)

diseños se caracterizan por presentar una estructura que exhibe los principios de la investigación científica, tales como: interrogantes estructurados con el fin de producir una teoría significativa; literatura desarrollada en forma sistemática; construcción de una teoría como producto de la cadena de razonamiento coherente y explícita que subyace al estudio en cuestión (Candela, 2016a; Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003; Design-Based Research Collective, 2003).

En consecuencia, desde la perspectiva del diseño de la enseñanza como metodología de investigación, se identifica en la práctica del diseño la oportunidad que ofrece al docente de elaborar desde su práctica educativa (diseño y enseñanza) teorías sobre el aprendizaje y la enseñanza de contenidos específicos, denominadas teorías de dominio específico (Brown, 1990; Candela, 2016a; Confrey, 2006). Cabe señalar, que el docente elabora dichas teorías a partir de la indagación desarrollada sistemáticamente acerca de las teorías propuestas por el campo de la educación, y la búsqueda de la comprensión de las relaciones dadas entre la teoría, el material de enseñanza y la práctica del diseño y la enseñanza (Candela, 2016a). Lo mencionado, muestra cómo la práctica del diseño y las teorías de dominio específico resultantes de la misma dinamizan la acción profesional del docente, al revelar que dicha acción no sólo se ejerce en el aula, sino que puede trascender a otros ámbitos como el diseño y la investigación educativa.

Sin embargo, frente al aspecto de la práctica del diseño, se ha demostrado que existe una amplia brecha entre los docentes-diseñadores y la investigación educativa, fortaleciéndose una desconexión entre la teoría, la práctica del diseño y la enseñanza (Candela, 2016a; Furió & Furió, 2009). En otras palabras, los docentes de ciencias hacen muy poco uso de los marcos teóricos y metodológicos (o en el peor de los casos, no los utilizan), provenientes de las investigaciones en el campo de la educación para ilustrar sus procesos de diseño. De ahí que, ellos sustentan el diseño de sus secuencias de actividades para la enseñanza a partir de la intuición y/o de la seguridad que les da la experiencia, o desde la estructura de los libros de texto (Agudelo, 2015; Alzaghibi, 2010; Leach et al., 2009; Ruthven et al., 2009).

Lo antedicho puede acarrear que se genere con mayor facilidad una falta de coherencia intracurricular entre los elementos de la enseñanza que constituyen los materiales de enseñanza, dificultando el proceso de aprendizaje de contenidos específicos de las ciencias en los estudiantes (Candela, 2016a). Conviene mencionar que la *coherencia curricular* hace referencia a la secuenciación de los temas que son fundamentales para comprender los

contenidos de la ciencia a enseñar, la profundidad con la que son estudiados dentro y a través de los grados, y su ajuste a las metas de aprendizaje que se hayan definido (Candela, 2016a; Schmidt et al., 2005). De allí que materiales de enseñanza que cuenten con coherencia curricular, facilitarían al estudiante establecer relaciones conceptuales y jerárquicas pertinentes para dar sentido a lo que está aprendiendo, relacionando los nuevos conceptos apropiados con contenidos ya aprendidos, y con los que estudiará en el futuro (Candela, 2016a).

Ahora bien, se estima desde los estudios del diseño que hay diferentes tipos de coherencia curricular, todos importantes en el diseño, la implementación y evaluación de un contenido de las ciencias (Candela, 2016a). Dentro de estos niveles, se encuentra la *coherencia intracurricular* (que es la abordada en esta investigación), la cual es producto del proceso de ajuste entre los diferentes elementos del diseño, a saber: estándares de contenido, metas de aprendizaje, prácticas científicas, estrategias de enseñanza, actividades de aprendizaje y evaluación. De acuerdo con esto, un material de enseñanza coherente será aquel que asocie los elementos mencionados anteriormente para describir las relaciones conceptuales que deberá construir el estudiante gradualmente, con la intención de alcanzar los propósitos previstos por el currículo estatal (Candela, 2016a).

Se puede entender de lo dicho hasta aquí la significancia que tiene el hecho de fundamentar la toma de decisiones de diseño en las teorías de nivel general e intermedio provenientes del campo de la educación, ya que estas pueden aportar elementos útiles para potenciar la enseñanza y el aprendizaje de un determinado contenido sobre el que se hará el diseño. En este sentido, es precisamente en la práctica del diseño que el docente puede superar la escisión entre la teoría fundamentada en la investigación educativa y la práctica del diseño de materiales de enseñanza.

Con relación a la enseñanza de la química, una dificultad importante que puede surgir en esta, relacionada con la falta de coherencia intracurricular, es el *uso inconsciente de los tres niveles de representación de la materia*, propuestos por Johnstone (1982), a saber: nivel macroscópico, nivel submicroscópico y nivel simbólico. Dicha dificultad hace referencia a que docentes y estudiantes no son conscientes del manejo de estos tres niveles de representación cuando estudian un determinado fenómeno químico (Caamaño, 2010). Es decir, los docentes, cuando desarrollan una clase acerca de un fenómeno químico con sus estudiantes, se mueven de un nivel a otro sin ser conscientes de ello, motivo por el cual no explicitan estos niveles, provocando confusión en los estudiantes acerca del fenómeno estudiado (Candela, 2016a). Esta

dificultad es una muestra de la falta de coherencia intracurricular en el abordaje de la enseñanza de la química, ya que cuando se trabajan los conceptos necesarios para la comprensión de un determinado contenido, se hace de una manera en la que su secuenciación no busca explicitar la interacción de los niveles de representación a los que corresponden dichos conceptos que permiten dar sentido al contenido químico estudiado.

En lo que se refiere a esta investigación, se abordará el diseño de la enseñanza de un contenido específico de la química, *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, el cual presenta un alto nivel de abstracción, aspecto que es una característica intrínseca de muchos de los conceptos estudiados en esta disciplina (Gabel, 1999). Dicha característica trae como implicación en el diseño de materiales de enseñanza de contenidos químicos, como el de los gases, la necesidad de hacer un uso consciente de los niveles de representación de la materia. Esta necesidad se debe a que la integración de estos niveles en la enseñanza facilita el entendimiento de contenidos abstractos por parte de los estudiantes, para quienes es difícil comprender este tipo de contenidos que no cuentan con un medio sencillo y directo de ser percibidos por los sentidos, de modo que no disponen de una experiencia previa que les facilite dar un significado preciso (Galagovsky, Rodríguez, Stamati, & Morales, 2003).

Sin embargo, de acuerdo con Gabel (1999), muchos de los docentes de secundaria demuestran una falta de comprensión sobre los niveles de representación de la materia, motivo por el cual no los vinculan en la enseñanza de conocimientos químicos. Si bien es cierto que no siempre es necesario asociar estos tres niveles en la enseñanza, es importante que los docentes tengan consciencia de esta triple relación, de modo que la puedan dar a entender a sus estudiantes (Johnstone, 1991, citado por Gabel, 1999, p. 548). Dicha situación propicia una falta de coherencia intracurricular en el diseño de materiales de enseñanza de un contenido específico, pues el docente al no considerar y establecer la relación entre los niveles de representación de la materia al diseñar, dificulta que se generen las relaciones conceptuales adecuadas que debe construir el estudiante de manera gradual para la comprensión del contenido en cuestión.

En el caso de los gases, es esencial que los estudiantes construyan las relaciones conceptuales necesarias para entender la *teoría cinética molecular* que explica las propiedades a nivel submicroscópico de las sustancias en estado gaseoso. Es decir, el diseño debe propiciar que ellos elaboren las relaciones conceptuales que se les permita comprender que los gases están compuestos por partículas (átomos y moléculas), entre las cuales existe un espacio vacío,

conformando un sistema gaseoso al encontrarse muy separadas unas de otras, y presentan un movimiento intrínseco aleatorio (Candela, 2014a).

Considerando lo anterior, se advierte la significación de realizar un diseño de un material de enseñanza que se caracterice por presentar una coherencia intracurricular, la cual permita generar la relaciones conceptuales necesarias, desde el uso consciente de los niveles de representación de la materia, para facilitar la comprensión del comportamiento submicroscópico de los gases por parte de estudiantes de educación media, pues este es un contenido con alto nivel de abstracción. Se espera lograr dicha coherencia, al articular en la práctica del diseño las teorías de nivel general e intermedio desarrolladas por el campo de la educación relacionadas al contenido en cuestión, de tal modo que la toma de decisiones curriculares y de enseñanza dentro del diseño sean informadas y acorde con las metas de aprendizaje.

De acuerdo con lo expuesto hasta aquí, el problema de investigación se formula en el siguiente interrogante: ***¿Cómo diseñar un material de enseñanza sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso que presente una coherencia intracurricular?***

CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA

A continuación, se presenta el marco de referencia bajo el cual se sustentan cada una de los elementos que componen la pregunta problema de esta investigación. De este modo, inicialmente se desarrollan aspectos alusivos al diseño de la enseñanza, como su conceptualización, importancia, características de esta línea de investigación y los principios del diseño; seguidamente, se expone acerca de la coherencia curricular, y específicamente, sobre la coherencia intracurricular como principio transversal en el diseño de materiales de enseñanza. Finalmente, se explica lo concerniente a la temática del comportamiento de las sustancias en estado gaseoso, desde un análisis conceptual.

2.1. DISEÑO DE LA ENSEÑANZA

Como se ha mencionado anteriormente en este trabajo, uno de los aspectos que se considera principal de tomar en cuenta en la búsqueda de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de los tópicos de las ciencias naturales, ha sido el de realizar un proceso de diseño de la enseñanza de contenidos específicos, en el que las decisiones curriculares y de enseñanza estén informadas por el cuerpo teórico y metodológico actual, desarrollado por investigaciones del campo de la educación (Agudelo, 2015; Design-Based Research Collective, 2003). Precisamente, como esta investigación se centra en la ejecución del proceso de diseño de un contenido específico de la química (*comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*), es necesario ampliar la comprensión acerca de este aspecto, para lo cual se explicará a continuación la conceptualización de la línea del diseño de la enseñanza y su importancia.

2.1.1. Conceptualización de la línea del diseño educativo

Para comenzar, cabe considerar que el campo de la educación en ciencias clásicamente ha estado conformado por dos tradiciones de investigación, la angloamericana y europea. Ambas tradiciones han tenido como una de sus preocupaciones, mejorar el aprendizaje de los estudiantes en aulas reales, a través del diseño e implementación de materiales de aprendizaje de contenidos específicos. Así mismo, la línea de investigación del diseño educativo está estructurada en estas mismas tradiciones (Candela, 2016).

Es así como esta línea de investigación, al haberse desarrollado desde contextos diferentes, cuenta con diversas perspectivas. Dentro de ellas, cabe destacar dos enfoques del diseño de la enseñanza que permite evidenciar la literatura, los cuales son *los estudios de diseño*

(metodología de investigación basada en el diseño) y *las teorías del diseño instruccional* (Candela, 2016a), cada uno de los cuales se explica brevemente a continuación.

Con respecto a los estudios de diseño, estos son conceptualizados como una metodología de investigación que relaciona los procesos de diseño orientados por una teoría, con los procesos de implementación y refinamiento dirigidos por los datos (estrategias de enseñanza) (Shavelson & Towne, 2002). El propósito de esta metodología se centra en la necesidad de fortalecer una clase de investigación que genere guías útiles para apoyar el aprendizaje de contenidos específicos a los estudiantes, como un factor crítico para mejorar la educación (Lagemann, 2002, citado por Candela, 2016a, p. 23).

Por ello, los estudios de diseño buscan documentar qué conocimientos previos traen los estudiantes al aula, cómo es su interacción con los docentes, cómo emergen y cambian sus concepciones, y qué recursos fueron usados en este proceso. Además, dichos estudios se focalizan en cómo es la enseñanza en el transcurso de la sesión, para lo cual se estudia el trabajo de los estudiantes, los registros de videos y la evaluación en el aula (Candela, 2016a).

Es así como, a través del proceso de diseño, implementación y evaluación, los investigadores prueban y refinan las conjeturas acerca del proceso de aprendizaje de un contenido específico. Con ello, finalmente, se produce un nuevo marco teórico sobre el aprendizaje del contenido en cuestión (Confrey, 2006).

Con relación a las teorías del diseño instruccional, según Reigeluth (1999), estas son un cuerpo teórico y metodológico que orienta de manera clara la forma de enseñar un contenido específico, con la finalidad de apoyar a unos estudiantes particulares tanto en su proceso de aprendizaje sobre dicho contenido, como en el desarrollo de esquemas de pensamiento de orden superior (Candela, 2016a, p. 89). Cabe mencionar, que estas teorías se diferencian de las teorías del aprendizaje y del currículo, en que las primeras (diseño de la enseñanza) se concentran en dar una guía sobre cómo lograr las metas de aprendizaje, mientras que las segundas (aprendizaje y currículo) se enfocan en hacer una descripción sobre cómo aprenden las personas o dar explicación de los resultados de ciertos eventos (Candela, 2016a).

De esta manera, las teorías del diseño instruccional, permiten reconocer métodos de enseñanza pertinentes para el abordaje de un contenido específico, es decir, formas para apoyar y facilitar el aprendizaje de dicho contenido en los estudiantes. Sin embargo, estos métodos

son probabilísticos, o en otras palabras, pueden incrementar la oportunidad de lograr las metas de aprendizaje, más que asegurar lograrlas (Candela, 2016a).

Teniendo en cuenta los dos enfoques del diseño de la enseñanza presentados aquí, se puede comprender que en la línea de investigación del diseño educativo exista una complementación importante entre la investigación educativa empírica con el diseño basado en la teoría de los ambientes de aprendizaje, lo cual es un aspecto que posibilita entender cómo, cuándo y por qué las innovaciones educativas pueden funcionar en la práctica. De este modo, se aporta a la superación de la brecha entre las investigaciones educativas desligadas del contexto práctico, y las innovaciones realizadas de manera poco o nada rigurosas por los docentes en su práctica educativa (Design-Based Research Collective, 2003).

En consecuencia, las innovaciones educativas desarrolladas desde la línea del diseño, “encarnan afirmaciones teóricas específicas sobre la enseñanza y el aprendizaje, y nos ayudan a entender las relaciones entre la teoría educativa, el artefacto diseñado, y la práctica.” (Design-Based Research Collective, 2003, p. 5)

Ahora bien, es relevante destacar la importancia de esta línea del diseño educativo, considerando sus aportes para el proceso de enseñanza y aprendizaje de contenidos específicos, lo cual se presenta a continuación.

2.1.2. Importancia del diseño de la enseñanza de tópicos específicos

La línea del diseño educativo permite realizar investigaciones a partir del diseño de un material de enseñanza compuesto por actividades de aprendizaje y materiales usualmente innovadores, que secuencian y apoyan el aprendizaje de un tópico específico, el cual es puesto en práctica y analizado retrospectivamente (Reimann, 2011). Sin embargo, conviene aclarar que dichas investigaciones no tienen como objetivo central comprobar de forma empírica cuáles teorías “funcionan” y cuáles no; más bien, los diseños y su implementación y análisis permiten desarrollar teorías de dominio específico (Cobb et al., 2003), y refinar las mismas poco a poco para comprender mejor las implicaciones del proceso de enseñanza-aprendizaje del tópico en cuestión (Godino et al., 2013).

Hay que mencionar que, no suele existir en este tipo de investigaciones una separación estricta entre el desarrollo y contraste de la teoría, sino que ambos procesos están interconectados, buscando identificar y describir patrones de pensamiento del estudiante y

relacionarlos con los materiales utilizados para apoyar y organizar su desarrollo (Godino et al., 2013).

Lo anterior, permite percibir los dos importantes aportes que se derivan de las investigaciones desarrolladas desde la línea del diseño educativo: *la generación de teorías de dominio específico o proto-teorías*, y *el diseño de materiales de enseñanza*, los cuales se explican brevemente a continuación.

2.1.2.1. Teorías de dominio específico

Inicialmente, es necesario entender que las teorías de dominio específico hacen alusión a un conjunto de orientaciones teóricas y metodológicas sobre cómo apoyar el proceso del aprendizaje de los estudiantes acerca de un tópico específico, desde aspectos como: conjunto de ideas que configuran el contenido en cuestión; propósitos de aprendizaje; dificultades/limitaciones y concepciones alternativas; estrategias de enseñanza; formas de representar y formular las ideas; y evaluación formativa del contenido; entre otras (Brown, 1990; Candela, 2016a; Confrey, 2006; Cobb et al., 2003).

Y es precisamente la posibilidad de construir estas teorías de dominio específico, lo que se considera como uno de los aportes más relevantes del diseño de la enseñanza. Esto se debe a que el diseño y el desarrollo de un material de enseñanza de un tópico determinado, implica una metodología de investigación que utiliza una serie de teorías resultantes de las investigaciones del campo de la educación (teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño instruccional y la literatura en educación en ciencias) para iluminar la toma de decisiones curriculares y de enseñanza en el diseño de dicho material de enseñanza. A partir de la interacción sistémica entre dichas teorías, a través del diseño, emergen una serie de teorías de dominio específico sobre los procesos de aprendizaje y los materiales que fueron diseñados para apoyar éste (Cobb et al., 2003).

De este modo, se entiende que la metodología del diseño de la enseñanza da la capacidad al docente de elaborar teorías de dominio específico³ que tomen en consideración las investigaciones del campo educativo, de manera contextualizada. Además, se estima que la

³Se considera que el docente de aula puede elaborar teorías de este tipo haciendo uso de la metodología del diseño de la enseñanza, bajo la asesoría de diseñadores o investigadores propios de esta línea.

enseñanza es un proceso de indagación en el que el docente tiene el compromiso de llevar a cabo una reflexión continua, y la construcción de estas teorías le permite sistematizar los planteamientos derivados de dicha reflexión.

2.1.2.2. Materiales de enseñanza

Desde el campo de la educación en ciencias se ha logrado establecer que algunos de los materiales de enseñanza usados con frecuencia para apoyar el aprendizaje de contenidos particulares de la ciencia en la escuela exhiben una falta de coherencia intra e intercurricular (Shwartz, Weizman, Fortus, Krajcik & Reiser, 2008). Una posible razón de la falta de coherencia curricular en este tipo de materiales puede ser la ruptura entre las teorías desarrolladas desde la investigación educativa, y la práctica del diseño de materiales de enseñanza de contenidos específicos. De esta manera, dicho diseño, podría haber sido realizado sin tomar en cuenta de manera consciente las teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño instruccional, el currículo y la literatura en educación en ciencias (National Research Council [NRC], 2015; Wiley, 2000).

La coherencia curricular de los materiales de enseñanza se estima como uno de los aspectos fundamentales para apoyar de manera efectiva los procesos de aprendizaje de los estudiantes, ya que este aspecto les facilita a ellos establecer relaciones conceptuales y jerárquicas en su interacción con materiales que cuenten con dicha coherencia (Candela, 2016a).

Considerando lo anterior, se ve en la metodología de investigación del diseño educativo una oportunidad para elaborar materiales de enseñanza que cuenten con una característica tan fundamental como la coherencia curricular, al eliminar esa ruptura entre la práctica del diseño y los marcos teóricos y metodológicos derivados de la investigación educativa. De esta manera, como producto de la investigación del diseño, se construirá una serie de elementos y actividades de aprendizaje secuenciadas y temporalizadas, que conformarán el cuerpo del material de enseñanza con coherencia curricular acerca de un contenido específico.

Es pertinente mencionar que, además de permitir realizar un diseño original de un material de enseñanza coherente curricularmente, la metodología del diseño educativo también permite refinar este diseño, mediante la realización de procesos analíticos dentro de un contexto de implementación particular que permitan reconocer las fortalezas y debilidades del material originalmente diseñado, para ser refinado progresivamente. Este es un elemento muy valioso,

ya que el análisis de la implementación del material implica, en muchos casos, evaluar aspectos del contexto de implementación que no fueron estimados en el planteamiento del diseño original (Candela, 2016a).

2.1.3. Elementos que caracterizan la línea de investigación de los estudios del diseño

La línea de investigación del diseño educativo cuenta con una serie de características que son parte fundamental del diseño de materiales de enseñanza de un tópico específico. Dichas características esenciales se exponen a continuación, considerando referentes provenientes de las teorías de aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño instruccional y los aportes de la literatura en educación en ciencias, los cuales brindan al diseñador una orientación teórica específica, es decir, alineada con el respectivo contenido disciplinario de interés, para la toma de decisiones curriculares y de enseñanza necesarias en el diseño del material de enseñanza.

2.1.3.1. Teorías del aprendizaje

Cuando se habla de teorías del aprendizaje, estas hacen referencia a un cuerpo de conocimientos y/o creencias que provienen del estudio del aprendizaje humano, el cual intenta dar una explicación a cómo los individuos forman conocimiento, a la forma en que estos adquieren y modifican sus conocimientos, habilidades, creencias y comportamientos. Estas teorías en el campo educativo han brindado marcos de referencia para dar sentido a lo vivenciado en el ejercicio profesional, han servido como puente entre la investigación y las prácticas educativas, y como herramientas para organizar y convertir los resultados en recomendaciones para la labor docente (Phye, 1997).

Así, estas teorías, a pesar de no ser propias del campo de la educación, sirven de orientación a la dinámica docente, la cual es incidida por el tipo de teoría o teorías que el docente haya elegido. Del mismo modo, las teorías del aprendizaje juegan un papel importante en la práctica del diseño educativo, pues estas son una fuente de estrategias y técnicas validadas para facilitar aprendizajes. Además, las teorías del aprendizaje ofrecen las bases para la selección de estrategias de manera inteligente y razonada (Ertmer & Newby, 1993), de tal forma que las decisiones curriculares y de enseñanza en el material sean informadas de acuerdo a la naturaleza del problema de enseñanza abordado, ya que la integración adecuada de la estrategia seleccionada en el contexto para el cual se elabora el diseño es de una importancia fundamental.

Cabe mencionar, que al existir diversas teorías del aprendizaje, estas han sido clasificadas de manera general en tres posiciones: conductista, cognoscitiva y constructivista (Ertmer & Newby, 1993). A continuación, se presentan brevemente los aspectos elementales de cada posición.

2.1.3.1.1. Conductista

Esta posición ha tenido una fuerte influencia en el campo de la educación en ciencias (Candela, 2016a). Ella se caracteriza principalmente por igualar al aprendizaje con los cambios en la conducta observable. Aquí, se considera que el aprendizaje se logra cuando se demuestra o se inhibe una respuesta apropiada, luego de la exposición a un estímulo específico. No hace parte de su interés determinar la estructura del conocimiento de la persona, ni determinar cuáles son los procesos mentales del mismo (Ertmer & Newby, 1993).

Conviene subrayar que muchos de los supuestos y características básicas del conductismo se incorporaron en las prácticas del diseño de materiales educativos. Esta posición se usó para el diseño de muchos de los primeros materiales audiovisuales y dio lugar a muchas estrategias de enseñanza (Ertmer & Newby, 1993). Sin embargo, después de la década de los 70, muchas de las investigaciones educativas han dado cuenta de que las teorías conductistas son parcialmente útiles, por lo que se buscó el complemento en teorías de otro tipo (Candela, 2016a).

Lo anterior, no significa que las teorías de tipo conductual no sirven actualmente para informar el diseño de materiales de enseñanza cuya meta de aprendizaje tenga un nivel cognitivo bajo (Abell, Appleton & Hanuscin, 2010), como por ejemplo aprendizajes relacionados con generalizaciones (definir e ilustrar conceptos), asociaciones (vinculación de ideas), discriminaciones (recuerdo de hechos) y encadenamiento (desempeño automático de un procedimiento especificado) (Ertmer & Newby, 1993).

2.1.3.1.2. Cognoscitiva

A finales de los años 50, las teorías de aprendizaje empezaron a orientarse hacia un enfoque que se apoyaba en las teorías y modelos de aprendizaje provenientes de las ciencias cognitivas. En este nuevo enfoque, se comenzó a dejar de lado el interés por las conductas observables y abiertas, para preocuparse por procesos cognitivos más complejos como el pensamiento, la solución de problemas, el lenguaje, la formación de conceptos y el procesamiento de la información (Ertmer & Newby, 1993).

Es por ello, que las teorías cognitivas enfatizan en la adquisición del conocimiento y las estructuras mentales internas; buscan conceptualizar los procesos del aprendizaje del estudiante y se ocupan de cómo la información es recibida, organizada, almacenada y localizada en la memoria. De este modo, el aprendizaje se vincula aquí, no tanto con lo que los estudiantes hacen, sino con lo que ellos saben y cómo lo adquieren (Ertmer & Newby, 1993).

De lo anterior, se puede deducir que en esta posición la memoria tiene un rol predominante en el aprendizaje. Como resultado, se estima que se aprende cuando la información se almacena en la memoria de manera organizada y significativa, y son los docentes y los diseñadores los responsables de que los estudiantes lo logren (Ertmer & Newby, 1993). De acuerdo con ello, un modelo que puede ser útil para el diseño de materiales de enseñanza es el *Modelo del procesamiento de la información*, el cual brinda una explicación sobre cómo los estudiantes incorporan a su sistema de conocimientos nueva información de manera significativa, y cómo estos conocimientos determinan de manera imperativa su proceso de percepción (Johnstone, 2006).

Este modelo se basa en los fundamentos de la psicología cognoscitiva, y plantea que para lograr el aprendizaje se requiere que la nueva información adquirida interactúe con el conocimiento que ya posee el estudiante en su memoria a largo plazo. Esta nueva información que el estudiante recibe por vía de sus sentidos, es retenida temporalmente en su memoria de corto plazo mientras es interpretada y comparada con los conocimientos de su memoria de largo plazo. De esta manera, la nueva información es reconocida, procesada y organizada, de modo que puede llegar a tener sentido y ser coherente para hacer parte de su propio conocimiento, es decir, que dicha información sea almacenada (Johnstone, 2006).

En este modelo, se afirma que el aprendizaje es más efectivo cuando el nuevo conocimiento se relaciona con el que ya se tiene. Además, sostiene que cada estudiante posee su propio esquema mental para aprender (filtro), el cual influye en cómo percibe los estímulos externos como las experiencias de clase; este filtro depende de las experiencias, conocimientos previos y forma particular de aprender de cada persona. En la figura 1 se puede apreciar de manera concreta cómo este modelo explica el procesamiento de la información humano (Johnstone, 2006).

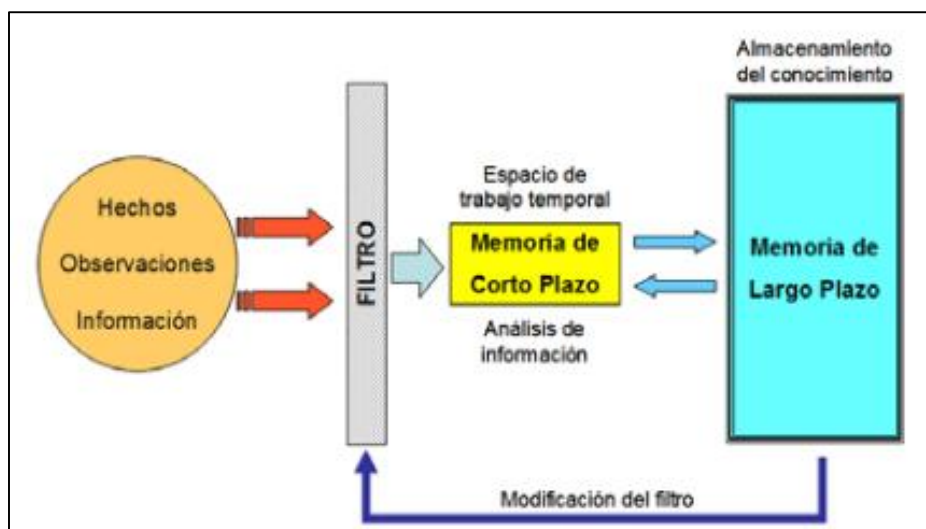


Figura 1. Esquema del modelo de procesamiento de la información (Johnstone, 2006).

Considerando lo anterior, estas teorías resultan de utilidad para el diseño de materiales de enseñanza al destacar la importancia que tiene para el proceso de enseñanza-aprendizaje la memoria, ya que al considerar esta se puede hacer uso de estrategias como la evocación de información, para lograr de este modo conectar la información que el estudiante guarda en su memoria a largo plazo, con la nueva información que él debe interpretar. Así pues, este modelo ofrece al docente la posibilidad de facilitar al estudiante la recuperación de información que ya ha trabajado previamente y la cual mantiene en su memoria a largo plazo, para la comprensión de nuevos contenidos de la clase. De igual forma, estas teorías ofrecen modelos como el del procesamiento de la información, que dan una explicación sobre cómo los estudiantes incorporan nueva información a su sistema de conocimientos, por lo que ayuda al docente a elaborar y hacer uso de estrategias como el manejo de pequeñas unidades de información, con el fin de no sobrecargar la memoria a corto plazo del estudiante.

2.1.3.1.3. Constructivista

A grandes rasgos, se puede decir que las teorías constructivistas sostienen que el conocimiento no se adquiere del exterior, sino que este es construido de manera particular por cada persona, a partir de sus intercambios sociales que cumplen una función clave en el aprendizaje, y conforme a sus capacidades perceptivas y atributos internos (como esquemas, actitudes, competencias, rasgos, estrategias) (Delval, 2001). De acuerdo con esto, se equipara el aprendizaje con la creación de significados a partir de experiencias, es decir, se cree que la mente filtra lo que le llega del mundo y de la interacción con otros, para producir su propia y única realidad (Ertmer & Newby, 1993).

Conviene aclarar que la posición constructivista cuenta con dos enfoques marcados: uno, en el que el aprendizaje se cree que ocurre de adentro hacia afuera, es decir, es el propio estudiante quien a partir de su interacción con el ambiente va progresando y elaborando su propio conocimiento (constructivista cognitiva) (Villar, 2003a); y otro, en el que se enfatiza en el ambiente en el que está inmerso el estudiante como un factor primordial para describir y explicar el aprendizaje, un ambiente en el que toma gran relevancia la actividad de las personas que lo conforman y participan en el desarrollo del estudiante (perspectiva sociocultural) (Villar, 2003b). A continuación, se presentan los autores representativos de estos dos enfoques.

-Enfoque constructivista cognitivo de Piaget: Con respecto a este enfoque, Piaget intenta explicar el proceso de construcción de conocimiento ubicándose en el interior del sujeto, es decir, busca reconstruir lo que en este sucede. En consonancia con ello, sostiene que los sujetos desarrollan poco a poco su inteligencia, a partir de la construcción y adaptación de sus estructuras de pensamiento, al mismo tiempo que construyen todo su conocimiento sobre la realidad. Para esto, los sujetos deben interactuar con el mundo físico y social, y transformarlo, es decir, para Piaget, la acción es el fundamento de toda actividad intelectual, desde la más simple, hasta la más compleja (Villar, 2003a).

En este sentido, Piaget construyó un sistema teórico complejo que con el que pretendió explicar prácticamente todas las facetas del desarrollo cognitivo humano. En dicho desarrollo, juegan un papel fundamental las estructuras de pensamiento, las cuales pueden adaptarse cada vez más debido a dos procesos biológicos denominados como asimilación y acomodación (Villar, 2003a).

Con relación a la asimilación, esta se refiere al proceso por el cual un sujeto usa sus estructuras de pensamiento en evolución o ya acabadas, para dar significado a la información obtenida por medio de sus sentidos, de las parcelas de la realidad a la que se enfrenta, en términos de lo que él ya conoce (Villar, 2003a). En cuanto a la acomodación, esta hace referencia al proceso por el que un sujeto ajusta sus estructuras de pensamiento a la información ya asimilada, al existir una incoherencia entre la estructura y la asimilación de la experiencia (Villar, 2003a).

De esta manera, para Piaget la adaptación cognitiva consiste en un equilibrio entre los procesos de asimilación y acomodación. Dicho equilibrio se alcanza en varias ocasiones durante el desarrollo, siendo cada vez más estable. Así, los distintos tipos de equilibrio

constituyen los conocidos estadios de desarrollo, que quizá es el aspecto más influyente pero también el más controvertido de la teoría de Piaget (Villar, 2003a).

-Enfoque sociocultural de Vygotsky: Este enfoque ha tenido un gran efecto sobre el constructivismo. En este, se postula que los intercambios sociales cumplen una función clave en el aprendizaje, dando importancia a la interacción de personas y situaciones (Phye, 1997). De esta manera, el enfoque sociocultural apuesta por situar el aprendizaje en determinado contexto sociocultural específico, contexto que va a regular y a determinar en cierto grado el aprendizaje alcanzado por el individuo (Villar, 2003b).

Además, en este enfoque se insiste en que el aprendizaje debe propender hacia la zona de desarrollo próximo, para lo cual se requiere de la guía de un docente o de un compañero más experimentado (Phye, 1997). Esto quiere decir que, el aprendizaje es posible por encima del nivel de desarrollo alcanzado por un estudiante, y es deseable que esto sea así, de modo que se estimule la creación de zonas de desarrollo potencial lo más amplias posibles que impulsen el desarrollo del estudiante (Villar, 2003b).

Se infiere de lo anterior, que la enseñanza formal es un modo de influir sobre la zona de desarrollo próximo, potenciando en los estudiantes un desarrollo efectivo. De ahí que, lo que ocurra en la interacción entre docente - estudiantes, o entre estudiantes de distintos niveles de competencia, será de gran significado, puesto que en estas interacciones es donde se generan las competencias que más adelante el estudiante deberá dominar por sí mismo (Villar, 2003b).

De acuerdo con los anteriores planteamientos de ambos enfoques, la práctica del diseño de materiales de enseñanza debe tomar en cuenta que los estudiantes construyen sus conocimientos a partir de la experiencia, de su interacción con el mundo, dependiendo de sus estructuras de pensamiento. Pero, al mismo tiempo, dichas estructuras pueden ser modificadas debido a experiencias significativas, y es ahí donde promover la interacción social puede tener un rol relevante, facilitando el aprendizaje de ciertas competencias que serían más difíciles de aprender de manera individual. En consecuencia, dichas cuestiones deben ser consideradas al momento de diseñar e implementar materiales de enseñanza.

Considerando lo expuesto hasta aquí, es preciso enfatizar en que el diseño de materiales de enseñanza no descarta ninguna de las posiciones de las teorías de enseñanza presentadas, pues cada una de ellas aporta diferentes planteamientos teóricos que buscan promover el aprendizaje, pudiendo ser aprovechadas en situaciones concretas. Sin embargo, cabe aclarar

que el docente-diseñador no debe perder su concepción de cómo se construye el conocimiento, y de ese modo estudiar luego al estudiante y su contexto para diseñar un material de enseñanza adecuado (Bermúdez, 2010).

2.1.3.2. Pedagogía general

El conocimiento de la pedagogía general es considerado como clave en el diseño de materiales de enseñanza, debido a que este le brinda la posibilidad al docente-diseñador de elegir las estrategias de enseñanza que mejor se ajusten a la naturaleza del contenido a enseñar (Abell et al., 2010).

Es preciso mencionar en este punto, que la pedagogía general es entendida como un cuerpo de conocimientos constituido por la interacción entre los siguientes aspectos principales: organización y manejo del aula; modelos y estrategias de enseñanza; y la comunicación en el aula y el discurso (Morine-Dersheimer & Kent, 1999). Conviene subrayar que, este cuerpo de conocimientos se deriva de la investigación y la literatura académica en educación, al contrario del conocimiento pedagógico personal, el cual proviene de las creencias personales y la experiencia práctica personal (Morine-Dersheimer & Kent, 1999).

En este sentido, la pedagogía general es una base de conocimiento en la que el docente-diseñador debe apoyarse para el diseño de materiales de enseñanza de contenidos específicos, en virtud de que esta le otorga una serie de estrategias de enseñanza que le permitirán gestionar su práctica educativa en el aula, de manera tal que pueda apoyar a sus estudiantes en el proceso de aprendizaje de un contenido determinado de las ciencias (Candela, 2016).

De esta forma, la selección de dichas estrategias pedagógicas, junto con una serie de principios del diseño de la enseñanza, informan y generan las diferentes actividades de aprendizaje que componen el material de enseñanza, con el fin de apoyar la construcción conceptual de un contenido específico de ciencias (Abell et al., 2010).

Ahora bien, de acuerdo con Abell et al. (2010), los elementos que configuran la pedagogía general, son: rutinas, técnicas, estrategias y modelos de enseñanza. Por lo general, estos elementos no son considerados por el docente de una manera consciente, tanto en el diseño como en la enseñanza propia. Por ello, se estima oportuno desarrollar a continuación brevemente cada uno de estos elementos, al ser estos claves en el proceso de diseño de materiales de enseñanza con coherencia intracurricular.

2.1.3.2.1. Rutinas

Son consideradas como el conjunto de acciones generalmente implícitas, direccionadas por el docente en el aula, que responden a la perspectiva que él tiene sobre el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, con el fin de dinamizar las actividades de aprendizaje. En este sentido, las rutinas hacen parte de la cultura de la clase, por lo que fácilmente se vuelven invisibles a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias (Abell et al., 2010). A continuación, se explican brevemente dos rutinas valoradas como importantes en el diseño de materiales de enseñanza.

- Rutina de estructurar el aula: Esta rutina se refiere a la forma en como es organizada la comunidad áulica, de acuerdo a las actividades de aprendizaje planteadas durante el diseño de la enseñanza. Dicho de otra manera, ésta hace alusión a la forma cómo los estudiantes disponen sus asientos en el salón, atendiendo a la configuración que el docente ha decidido explícitamente al inicio de la clase (Candela, 2016a).

Ahora bien, de acuerdo con Tobin (1997), el aula se puede estructurar de cuatro formas: interacción con toda la clase, no interactiva, en pequeños grupos de discusión, y trabajo individual. Se destaca el uso de la estructura interactiva, para la cual se puede organizar el aula en un círculo abierto, dado que esta permite a los estudiantes comprometerse en la discusión y debate de sus ideas; así mismo, la formación de pequeños grupos de discusión estimula estas acciones de discusión y debate. También, se subraya la estructura de trabajo individual, ya que esta brinda la posibilidad al estudiante de comprometerse con su proceso de aprendizaje.

-Rutina de la transacción en el aula: Se utiliza cuando se intenta generar la estrategia del discurso dialógico, que permite la interacción persona a persona en el aula de ciencias. Es por ello que esta rutina favorece el aprendizaje en el plano social de los estudiantes, haciendo posible que los miembros de la comunidad áulica compartan, negocien e interaccionen con el lenguaje social cotidiano y el lenguaje social científico que poseen y llevan al aula (Candela, 2016a).

2.1.3.2.2. Técnicas

Estas hacen referencias a las acciones de enseñanza individuales que son comunes a la mayoría de las disciplinas. Desde luego, una técnica puede ser utilizada por lo general en asociación con una estrategia de enseñanza, una rutina, y cualquier otra técnica que se requiera

(Abell et al., 2010). Se exponen a continuación dos técnicas estimadas como fundamentales dentro del diseño de materiales de enseñanza.

-Técnica de explicar una idea: Con frecuencia, en la enseñanza de una idea o en la construcción de un concepto científico abstracto en aula, se precisa del uso de esta técnica. Sin embargo, para que esta sea útil en el proceso de enseñanza-aprendizaje, las explicaciones deben ser claras, darse con poca frecuencia, ser temporalmente breves e incluirse luego de generar una necesidad de conocimiento⁴ en los estudiantes (Smith & Land, 1981, citado por Candela, 2016a, p. 126). De este modo, se evita promover una visión positivista de la ciencia en los mismos.

Cabe mencionar que en estas explicaciones se puede hacer un uso pensado de ejemplos, metáforas, simulaciones, demostraciones, entre otras. El docente puede hacer esto, siempre teniendo en mente las limitaciones que presentan las diversas representaciones empleadas.

-Técnica de formular preguntas: A pesar de que suele ser vista dentro de un modelo conductista del aprendizaje, esta técnica puede ser aprovechada para maximizar la comprensión conceptual en el aula de ciencias. Para ello, se deben considerar tres elementos fundamentales:

- 1) El tipo de pregunta, es decir, si son cerradas o abiertas, pues las primeras demandan de una respuesta breve, se usan en una secuencia rápida y usualmente tiene una sola respuesta, mientras que las preguntas abiertas son más útiles para promover la comprensión conceptual, por lo que deben incluirse con mayor frecuencia en el diseño de las actividades de aprendizaje;
- 2) La distribución de las preguntas, que estas sean dirigidas a toda la comunidad áulica, y no sólo a unos cuantos estudiantes o siempre a los mismos, para lo cual el docente puede ubicarse de manera adecuada en el aula, y tener en cuenta a los estudiantes en los que observe menor participación en el discurso y un lenguaje menos elaborado; y,
- 3) El tiempo de espera, que se refiere a otorgar al estudiante un pequeño tiempo antes de responder, para que él pueda interpretar la pregunta que se le está haciendo a partir de sus conocimientos previos, tanto escolares como cotidianos, y articularlos a las nuevas ideas que se le están presentando (Candela, 2016a).

⁴Se estima en este trabajo que la necesidad de conocimiento en los estudiantes se puede lograr mediante el diseño y/o selección de actividades que les posibilite dar explicación a eventos cotidianos que son de su interés. Adicionalmente, dichas actividades deben situarse en la zona de desarrollo proximal de los estudiantes.

2.1.3.2.3. Estrategias de enseñanza

Se entienden como múltiples acciones de enseñanza, habitualmente compuestas por una amalgama de rutinas y técnicas que pueden ser usadas en diferentes disciplinas del conocimiento, ajustándose determinadas estrategias de mejor manera dentro de un contenido y una disciplina particular. Dichas estrategias se originan en el conocimiento de la pedagogía general de un docente. Sin embargo, cuando son empleadas dentro de un contexto particular para la enseñanza/aprendizaje de contenido disciplinar específico, éstas se transforman al sumergirse en el conocimiento pedagógico del contenido del docente para la enseñanza de dicho contenido (Abell et al., 2010).

Ahora, bien, el propósito de estas estrategias es proporcionar una estructura que posibilite el aprendizaje conceptual en los estudiantes. Con ello, se espera que éstos aprendan las principales ideas de las ciencias que les permitan construir sus propias explicaciones sobre los eventos y fenómenos con los interactúan en su vida cotidiana (Candela, 2016a).

2.1.3.2.4. Modelos de enseñanza de las ciencias

Estos modelos consisten en un conjunto bien estructurado de rutinas, técnicas y estrategias, bajo una perspectiva sobre la enseñanza y el aprendizaje de un contenido específico, con la finalidad de apoyar el proceso de aprendizaje del estudiante sobre dicho contenido. En otras palabras, estos modelos hacen referencia a los razonamientos y acciones inteligentes que realiza el docente para representar y formular un concepto específico a sus estudiantes, con el fin de puedan acceder a éste de manera comprensiva (Candela, 2016a).

A continuación, se explica brevemente un modelo de enseñanza valorado en este estudio como adecuado para el abordaje de contenidos científicos en el aula.

-El ciclo de aprendizaje: De acuerdo con Karplus y Thier (1967), este ciclo es un sistema que se compone de tres fases: 1) Exploración, en la que se pretende que los estudiantes activen y tomen conciencia de sus concepciones alternativas, mediante actividades como prácticas experimentales, demostraciones, discusiones en pequeños grupos de discusión y luego con toda la clase, entre otras; 2) Introducción, en la que se busca dar la oportunidad a los estudiantes de evolucionar sus concepciones alternativas de manera progresiva hacia unas concepciones más elaboradas y sistemáticas, a través de diferentes actividades y la interacción

entre pares; 3) Implementación, la cual está dirigida hacia la aplicación de aquel conocimiento que ha comenzado a evolucionar en la solución de nuevos problemas en diferentes contextos.

2.1.3.3. Teorías del diseño instruccional

Las teorías del diseño instruccional son definidas como un cuerpo teórico y metodológico que brinda especificaciones detalladas sobre la forma de cómo enseñar un tópico específico, con el fin de que los estudiantes aprendan un contenido en diferentes niveles de complejidad, además de pretender que desarrollen esquemas de pensamiento de orden superior. Por lo general, estas se diferencian de las teorías del aprendizaje, del currículo y del proceso de diseño, a pesar de mantener una estrecha relación con dichas teorías (Reigeluth, 1999, Candela, 2016a, p. 89).

Entre las características fundamentales de las teorías del diseño instruccional se encuentra que: 1) son orientadas a las metas e 2) identifican métodos de instrucción. En este sentido, la primera característica hace referencia a que estas teorías le proporcionan al docente la dirección de cómo lograr las metas de aprendizaje, a diferencia de las teorías del aprendizaje y del currículo, las cuales se centran en la explicación de los resultados de los diferentes eventos. Es decir, las teorías del diseño instruccional son de carácter prescriptivo, mientras que las teorías del aprendizaje y del currículo de carácter descriptivo. Por su parte, la segunda característica, se refiere a que las teorías del diseño instruccional brindan las formas para apoyar y facilitar el aprendizaje e indican las situaciones en que se debe o no aplicar. Dichos métodos pueden ser descompuestos dentro de métodos componentes más detallados, brindando con ello, una mayor guía para los docentes (Candela, 2016a).

2.1.3.4. Aportes de la literatura del campo de la educación en ciencias

La educación en ciencias es reconocida como un campo que proporciona conocimientos para el desarrollo y apropiación de una cultura científica en la sociedad, además de esto busca comprender y renovar los procesos de enseñanza y aprendizaje, a partir de fundamentar su innovación y cualificación, a partir de un conjunto de conocimientos propios y otros provenientes, de las ciencias cognitivas, la historia y la epistemología de las ciencias, el estudio del conocimiento práctico de los docentes, entre otros (Zambrano, Salazar, Candela & Villa, 2013). El conocimiento propio del campo de la educación en Ciencias, surge a partir de las inquietudes que los docentes y los investigadores tienen sobre la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación, el currículo, el contexto educativo en ciencias y sobre la formación de los docentes

de ciencias, entre otros. Estas inquietudes dan origen a procesos de investigación cuyos resultados nutren constantemente la educación en ciencias (Moreira, 2012).

Ahora bien, en relación al diseño de materiales de enseñanza, el campo de la educación en ciencias es uno de los marcos teóricos que asiste dicho diseño al aportar un conjunto de conocimientos relacionados con: 1) la enseñanza del tópico en cuestión, y 2) la construcción del material de enseñanza, en este caso en formato digital. Con relación al primer aspecto, se pueden obtener aportes en cuanto a las limitaciones-dificultades y concepciones alternativas del tópico específico a abordar (Candela, 2016a); sobre el segundo aspecto, se reciben aportes acerca de las potencialidades y limitaciones de determinadas herramientas digitales para representar ciertos fenómenos naturales, posibilitar las demostraciones, permitir la interacción con las variables del fenómeno representado, y promover la construcción de representaciones mentales (Pinto, 2011).

Por lo tanto, al estar esta investigación enmarcada en el campo de la educación en ciencias, específicamente en la educación en química, y puntualmente en la enseñanza de sustancias en estado gaseoso, se considera necesario tomar en cuenta de modo consciente los diferentes aportes que realiza este campo.

2.1.4. Principios del diseño

Los materiales de enseñanza, fruto de la investigación del diseño, se encuentran conformados por un conjunto de elementos y actividades de aprendizaje secuenciadas, temporalizadas y debidamente articuladas, formando así un sistema curricular coherente (Candela, 2016a). Dichos elementos y actividades son considerados como principios del diseño, ya que son vistos como fundamentales para que a partir de los materiales de enseñanza diseñados se pueda asistir a los estudiantes en el aprendizaje de un tópico específico.

Con relación a lo antes mencionado, en esta investigación se asumen como principios a los siguientes elementos:

- Selección y descomposición de la gran idea
- Metas de aprendizaje
- Reconocimiento de las dificultades de enseñanza y aprendizaje
- Estrategias de enseñanza
- Evaluación continua y formativa

- Coherencia curricular

A continuación se presenta de modo puntual la manera en que se asume cada uno de estos principios en la presente investigación.

2.1.4.1. Selección y descomposición de la gran idea.

En relación a la elección de una “Gran Idea”, esta se logra a partir de entender las metas de aprendizaje, no en términos de un cuerpo de hechos, sino como un camino hacia la construcción de ideas claves para la formación de individuos que puedan comprender y explicar diferentes fenómenos y experiencias cotidianas a partir de los tópicos desarrollados en la escuela (Harle, 2012).

Es preciso mencionar que “Grandes Ideas” es una expresión comúnmente usada en las ciencias para referirse a una idea que ha tenido gran relevancia en la forma en que los científicos comprenden y conceptualizan el mundo. No obstante, en el campo de la educación en ciencias, dicha expresión no tiene el mismo sentido, puesto que hace referencia a las ideas de las ciencias que el docente considera como fundamentales para que los estudiantes logren las metas de aprendizaje propuestas (Mulhall, Berry & Loughran, 2003). Cabe aclarar, que una gran idea de la enseñanza de las ciencias también puede ser la misma gran idea de las ciencias (Mulhall et al., 2003).

De este modo, la postulación de la gran idea tiene como propósito central que el docente exponga las diferentes ideas que conforman de manera coherente el contenido fijado a ser enseñado, las cuales deben estar en concordancia con las metas de aprendizajes planteadas y que los estudiantes construirán de manera progresiva (Candela, 2016a).

Ahora bien, referente a la descomposición de la “Gran Idea”, esta se logra a partir de la consideración de un grupo de sub-ideas que permitan, a partir de su enseñanza, la comprensión de la gran idea seleccionada. Este proceso se realiza de manera progresiva, de modo que cada una de esas sub-ideas se vaya enlazando una con otra, y que de cierta forma cada una contribuya a la comprensión de la otra. De esta manera, para que los estudiantes logren comprender la “Gran Idea” abordada en clase, se debe lograr la integración del conjunto de sub-ideas, y dicha integración depende en gran medida del nivel de comprensión que se tenga de cada una de ellas.

2.1.4.2. Metas de aprendizaje

Las metas de aprendizaje son entendidas como el principio que presenta los conocimientos, saberes, habilidades, competencias, destrezas, actitudes y valores que los estudiantes deben aprender a lo largo de su paso por la escuela para desarrollarse como personas libres, críticas, responsables y creativas (Azar, 2012). Es decir, las metas de aprendizaje direccionan la capacidad de los estudiantes para comprender y razonar el mundo que los rodea; lo cual les permitirá tener una participación activa en la sociedad. Además, con ello se estaría logrando el fin último de la educación en ciencias que es contar con una ciudadanía científicamente alfabetizada (Candela, 2016a).

Este principio se encuentra estrechamente relacionado con el anterior, puesto que, el seleccionar una adecuada gran idea posibilita la postulación de diferentes situaciones problemáticas que tengan un vínculo con la vida cotidiana del estudiante, y con ello, permitir que estos logren comprender e integrar cada una de las situaciones planteadas. Por lo tanto, el diseñador debe estar en la capacidad de seleccionar un conjunto de metas de aprendizaje que los estudiantes puedan adquirir a lo largo y a través de las clases. Además, las metas seleccionadas contribuyen a la elección de los métodos de enseñanza más acordes con la situación.

Por otra parte, las metas de aprendizaje se caracterizan por ser expresadas en proposiciones donde se menciona explícitamente el contenido disciplinar que el estudiante debe comprender e integrar. También, en estas metas se le pide al estudiante desarrollar procesos de razonamiento como: descripciones, comparaciones y el establecimiento de relaciones causa-efecto. Y finalmente, las metas de aprendizaje se seleccionan considerando el currículo prescripto por el estado, pero igualmente, el diseñador o el docente pueden involucrar a los estudiantes en la selección o construcción de las mismas (Candela, 2016a).

2.1.4.3. Reconocimiento de las dificultades de Enseñanza y Aprendizaje

Lograr la comprensión de los contenidos enseñados en clase, requiere reconocer las dificultades de enseñanza y aprendizaje que se presentan alrededor de dichos contenidos, puesto que a partir de estas se obtiene información base que permitirá la construcción de un material de enseñanza que posea las estrategias de enseñanza más pertinentes para contribuir a la construcción de aprendizajes en los estudiantes. Es por ello, que el reconocimiento de las dificultades de enseñanza y aprendizaje es considerado como un principio del diseño. En este

sentido, los materiales de enseñanza deben tomar en cuenta la información acerca de las ideas que los estudiantes tienden a sostener sobre el contenido, cuáles son las habilidades y/o ideas con las que a menudo los estudiantes tienen dificultades para aprender, y qué ideas del contenido son las más complejas de enseñar. Ahora, para lograr el reconocimiento de estas dificultades, se puede hacer uso del conocimiento proporcionado por el campo de la educación en ciencias.

2.1.4.4. Estrategias de enseñanza

Las estrategias de enseñanza constituyen una serie de ayudas que los docentes-diseñadores le proporcionan al estudiante con el propósito de facilitarle la comprensión de los nuevos contenidos desarrollados en las aulas de clases. De este modo, se podrían definir como los procedimientos o recursos utilizados por el agente de enseñanza para promover aprendizajes significativos (Mayer, 1984; Shuell, 1988; West, Farmer y Wolff, 1991; citados por Barriga, 2002, p. 141).

En este sentido, las estrategias de enseñanza se encuentran involucradas en el desarrollo de un aprendizaje significativo a partir de unos contenidos específicos, las cuales hacen énfasis en el diseño de los contenidos por aprender. Lo anterior, las convierte en tareas propias del docente-diseñador.

En relación a la investigación en estrategias de enseñanza, esta ha abordado aspectos como: diseño y empleo de objetivos e intenciones de enseñanza, preguntas insertadas, ilustraciones, modos de respuesta, organizadores anticipados, redes semánticas, mapas conceptuales y esquemas de estructuración de textos, entre otros. Ahora, entre las estrategias de enseñanza que los docentes-diseñadores pueden emplear para promover el aprendizaje y que han demostrado su efectividad a través de diferentes investigaciones, se pueden encontrar: objetivos o propósitos del aprendizaje, resúmenes, ilustraciones, organizadores previos, preguntas intercaladas, pistas tipográficas y discursivas, analogías, mapas conceptuales y redes semánticas, uso de estructuras textuales (Barriga, 2002). Además, en las últimas décadas se han destacado aquellas estrategias relacionadas con el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC, como por ejemplo la estrategia de representar fenómenos de la naturaleza por medio de imágenes, simuladores, videos, animaciones, entre otros.

En cuanto a la implementación de las estrategias de enseñanza, se puede evidenciar que estas pueden incluirse antes, durante o después del abordaje en el aula de un contenido

curricular específico. En ese sentido, se puede hacer una clasificación de las estrategias de enseñanza, basándose en su momento de uso y presentación (Barriga, 2002). Es importante destacar que las estrategias como recurso de la enseñanza deben de emplearse con determinada intención, y por tanto deben de estar alineadas con las metas de aprendizaje, así como con las competencias a desarrollar (Nolasco, 2006). Por lo tanto, estas deben construirse sobre la base de la investigación del aprendizaje, las posibles dificultades de los estudiantes y las concepciones alternativas (Mulhall et al., 2003).

2.1.4.5. Evaluación continua y formativa

La evaluación continua y formativa es reconocida como un principio en el diseño de materiales de enseñanza, puesto que juega un papel clave en la regulación de la comprensión de las grandes ideas abordadas en clase. Claramente, este elemento le permite al docente y al estudiante monitorear el nivel de comprensión durante la enseñanza con el fin de sostener un proceso de retroalimentación a partir de la confrontación de ideas entre pares y el docente (Candela, 2016a). Adicionalmente, este momento de la enseñanza les permite a los estudiantes ir construyendo una comprensión profunda a medida que avanzan en el abordaje del contenido en el aula, de acuerdo al conjunto de metas de aprendizaje planteadas.

2.1.4.6. Coherencia curricular

La coherencia curricular hace referencia a tres aspectos: el primero, la secuenciación de los temas que son fundamentales para comprender los contenidos de la ciencia a enseñar; el segundo, la profundidad con la que son estudiados dentro y a través de los grados; y por último, su ajuste a las metas de aprendizaje que se hayan definido (Schmidt et al., 2005). Por lo tanto, referirse a la coherencia curricular, implica que exista un ordenamiento lógico de los anteriores aspectos, permitiendo con ello, que el docente plantee un sendero conceptual claro por donde el estudiante pueda moverse, y así, ir construyendo su aprendizaje significativo.

Por lo anterior, se considera que en la medida en que los materiales de enseñanza presenten coherencia curricular, estos le ayudarán al estudiante en el establecimiento de vínculos conceptuales y jerárquicos pertinentes para comprender lo desarrollado en las clases, relacionando los nuevos conceptos con los apropiados anteriormente y con los que estudiará a futuro (Candela, 2016b). En este sentido, la coherencia curricular en los materiales de enseñanza se ha considerado como uno de los principios fundamentales para el adecuado desarrollo y éxito de los procesos de enseñanza y aprendizaje (Schmidt et al., 2005). Por ende,

la inexistencia de dicha coherencia curricular en estos materiales puede llegar a afectar de manera negativa el nivel de comprensión del currículo de las ciencias por parte de los estudiantes.

Ahora bien, los estudios del diseño postulan que la coherencia curricular se presenta en diferentes niveles, todos de igual importancia para el diseño, la implementación y evaluación de un contenido de las ciencias. Entre los niveles de coherencia curricular sobresalen: coherencia en las metas de aprendizaje; coherencia intracurricular; coherencia entre el contenido, las metas de aprendizaje, las prácticas científicas y las actividades de aprendizaje; coherencia intercurricular que da soporte a las conexiones multidisciplinares y las dependencias; coherencia en los estándares de contenido; coherencia en la evaluación; coherencia en el lenguaje y coherencia en el material de enseñanza. Cabe aclarar, que cada uno de los anteriores niveles de coherencia curricular tiene sus propios retos, que deben ser asumidos en relación a las necesidades específicas de cada entorno (Candela, 2016b).

De acuerdo a lo dicho hasta aquí, en relación a la coherencia curricular, se considera que este principio es el eje transversal en los diseños de materiales de enseñanza, al permitir una adecuada articulación de los anteriores principios contemplados para dicho fin. Ahora bien, considerando los diferentes tipos de coherencia curricular, en la presente investigación se asume como fundamental la coherencia intracurricular, la cual resulta del alineamiento entre los elementos del diseño, tales como: estándares de contenido, metas de aprendizaje, prácticas científicas, estrategias de enseñanza, actividades de aprendizaje y evaluación, pero en relación a la enseñanza y aprendizaje de un tópico específico. Es así, que en una clase coherente los elementos mencionados se vinculan con el propósito de contribuir a que los estudiantes alcancen las metas propuestas por la sociedad a través del currículo prescrito por el Estado (Candela, 2016a).

Finalmente, este conjunto de principios para el diseño de la enseñanza, articulados bajo el principio de la coherencia curricular, posibilitará que el proceso de enseñanza contribuya a la construcción de aprendizajes por parte de los estudiantes. Cabe aclarar que los anteriores elementos asumidos como principios en esta investigación, puede que no sean generales en las diferentes investigaciones, es decir, pueden ser asumidos como principios estos elementos u otros. Lo importante es que los elementos que sean considerados como principios en el diseño de la enseñanza, estén bien pensados y debidamente articulados entre sí, siendo consecuentes con las necesidades de un entorno y estudiantes específicos.

2.2. ANÁLISIS CONCEPTUAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS EN ESTADO GASEOSO

A continuación se desarrollará los elementos conceptuales en relación con el estudio de las sustancias en estado gaseoso, como lo son: la presión de un gas, la teoría cinética de los gases, las leyes de los gases (ley de Boyle, de Charles y de Gay Lussac), ley de Avogadro, la ley general de los gases ideales o ley combinada de los gases y la ley de las presiones parciales o ley de Dalton.

2.2.1. La presión de un gas

Cuando se hace referencia a la presión de un gas sobre las paredes del recipiente que lo contiene, generalmente se piensa en una fuerza. Pero, en realidad la presión de un gas, a pesar de estar estrechamente relacionado con esa idea, se refiere al módulo de las fuerzas que una porción del gas ejerce sobre sus alrededores en todas las direcciones. Dichos alrededores, pueden ser el resto de la muestra o el recipiente que contiene al gas (Kane & Sternheim, 2000).

En este sentido, es necesario saber que los gases están constituidos por partículas (átomos y moléculas) separadas entre sí y que presentan un movimiento intrínseco. Por lo cual, dichas partículas chocan de manera continua sobre las paredes de recipiente o entre ellas mismas, sin existir pérdida de energía cinética.

2.2.2. Teoría cinética de los gases

Esta teoría permite explicar de manera satisfactoria el comportamiento de los gases ideales a partir de su estructura molecular. La teoría cinética plantea, en su forma más simple, que los gases están constituidos por un gran número de diminutas partículas (átomos y moléculas) que se encuentran en constante movimiento, produciendo choques continuos entre ellas mismas y contra las paredes del recipiente que las contenga. De esta manera, la presión es resultado de estos choques, que se deben a la energía cinética que poseen (Dickerson, Gray, Darensbourg & Darensbourg, 1993).

Cabe aclarar que dichos choques son perfectamente elásticos, es decir, se conserva la energía de traslación y no se producen cambios en la energía interna de las partículas (átomos y moléculas) debido a los choques. Para entender más fácilmente, se puede pensar en una pelota de goma que se deja caer al suelo, la cual rebotará varias veces, pero con cada rebote se elevará

menos del suelo. En otras palabras, la pelota pierde energía cada vez que rebota, pero las partículas no pierden ninguna energía cuando chocan entre sí y rebotan (Chang, 1992).

Ahora bien, para un gas determinado, la velocidad promedio con que se mueven sus partículas (átomos y moléculas) depende de la temperatura. Esto significa que, si un gas es calentado, sus partículas reciben energía que se traduce en el aumento de la velocidad de su movimiento. Es decir, la temperatura es una medida de la energía promedio de las partículas, al ser resultado del movimiento molecular (Dickerson et al., 1993).

En este sentido, el movimiento de las partículas explica el comportamiento de los gases con relación a los cambios de temperatura y de presión. A una cierta temperatura y presión, el mismo número de moléculas de cualquier gas ocupa el mismo volumen. Pero si aumenta la temperatura del gas, sus moléculas habrán adquirido la energía necesaria para moverse más rápido, de modo que chocarán más rápido y rebotarán más lejos; dicho de otro modo, las partículas ocuparán más espacio. Pero si no se les permite ocupar mayor espacio, es decir, si el recipiente es rígido, la presión del gas aumentará (Sears & Salinger, 1980).

Lo anterior es comprensible, porque la presión del gas sobre las paredes es simplemente la fuerza ejercida por las partículas (átomos y moléculas) que chocan contra ellas. Si las partículas se aceleran, golpearán las paredes del recipiente con mayor fuerza.

Los anteriores supuestos se pueden resumir así:

1. Todo gas está constituido por un gran número de partículas (átomos y moléculas) que presentan un movimiento intrínseco aleatorio.
2. Las partículas están separadas por distancias grandes (espacios vacíos), comparadas con sus propias dimensiones.
3. Las partículas ejercen fuerzas entre sí (fuerzas intermoleculares), únicamente cuando chocan entre ellas. Por lo tanto, entre los choques con otras partículas o con las paredes del recipiente y en ausencia de fuerzas externas, se mueven en línea recta. Además, los choques de estas partículas son perfectamente elásticos, es decir, no hay pérdida de energía por fricción durante el choque.

2.2.3. Leyes de los gases

En este apartado, se expondrá acerca de las leyes de los gases, las cuales fueron deducidas del comportamiento macroscópico de la materia (Sears & Salinger, 1980). Cabe

mencionar que, estas leyes describen con precisión el comportamiento de un gas en condiciones de presión baja y de temperaturas por encima del punto de ebullición de la sustancia en cuestión. A continuación, se abordará cada una de ellas (Dickerson et al., 1993).

2.2.3.1. Ley de Boyle

Robert Boyle, fue un científico inglés que en 1662 describe la relación entre la presión y el volumen de un gas. Esta descripción es conocida como la Ley de Boyle, en la cual se establece que para una cantidad determinada del gas a temperatura constante, el volumen del gas varía de manera inversa con la presión. En otras palabras, dicha ley dice que: cuando la presión de un gas aumenta, su volumen disminuye; y cuando la presión disminuye, en consecuencia su volumen aumenta (Hill & Kolb, 1999). Ahora bien, la Ley de Boyle se expresa como:

$$V = a / P \quad \text{o} \quad PV = a \quad (T \text{ constante})$$

Donde a es una constante de proporcionalidad.

Otra manera de enunciar esta Ley, es: para una cantidad específica del gas a temperatura constante, el producto de la presión por el volumen es constante (Hill & Kolb, 1999).

2.2.3.2. Ley de Charles

Aproximadamente cien años después de que Boyle establece su ley, el físico francés Jacques Charles (1746-1823) determinó los efectos que una variación de temperatura generaba en un volumen de aire, es decir, estableció la relación entre el volumen y la temperatura de un gas, a presión constante (Dickerson et al., 1993).

De sus estudios se desprende que, a presión constante, el volumen ocupado por una cantidad dada de un gas es directamente proporcional a su temperatura (Dickerson et al., 1993). La ley de Charles se expresa como:

$$V \propto T \quad (a, P \text{ y } n \text{ constantes})$$

Esto significa que un aumento en la temperatura de un gas produce un aumento de la misma proporción en su volumen, y viceversa. Por ejemplo, se sabe que el aire se expande al calentarlo, de modo que disminuye su densidad. Por este motivo, los globos inflados con aire caliente se elevan (Dickerson et al., 1993).

2.2.3.3. Ley de Gay-Lussac

El trabajo de Charles lo continuó el físico francés Joseph Gay Lussac, cuyos experimentos lo llevaron a describir el efecto de cambio de temperatura sobre la presión de un gas a volumen constante. En este sentido, la ley de Gay Lussac fórmula que *a volumen constante, la presión de una masa fija del gas es directamente proporcional a la temperatura* (Kelvin). Es decir, si la temperatura aumenta o disminuye, la presión también lo hará en la misma proporción. Igualmente, se puede decir, que cualquier aumento en la presión aumenta la temperatura, mientras que cualquier disminución en la presión disminuye la temperatura (Willis, 1995).

La ley de Gay Lussac se representa de la siguiente manera.

$$P \propto T \quad (n, V \text{ constantes})$$

2.2.3.4. Ley de Avogadro

Esta es una de las leyes más importantes en el desarrollo de la teoría atómica, propuesta en 1811, por el químico italiano Amadeo Avogadro (1776-1856). Planteó que volúmenes iguales de todos los gases, a una presión y temperatura determinadas, contienen el mismo número de partículas. De acuerdo con este planteamiento se puede afirmar que el volumen de un gas es directamente proporcional al número de partículas, a temperatura y presión constante (Dickerson et al., 1993).

$$V \propto n \quad (a \text{ } T \text{ y } P \text{ constantes})$$

Este enunciado se conoce como la ley de Avogadro y significa que un aumento en el número de partículas de un gas produce un aumento de la misma proporción en su volumen.

2.2.4. Ley general de los gases ideales o Ley combinada de los gases

La ley general de los gases ideales, se da a partir de la combinación de la Ley de Boyle, la Ley de Charles y la Ley de Gay Lussac; donde se mantiene constante una de las variables, junto al número de moles, y se varían las otras dos. Por lo tanto, esta ley proporciona una ecuación, que no es más que la síntesis de esas tres leyes, relacionando presión, temperatura y volumen (Chang, 1992). Cabe mencionar que dicha ecuación fue desarrollada por Paul Emile Clapeyron.

Ahora bien, la ecuación de la Ley general o combinada de los gases, es la siguiente:

$$PV = nRT$$

Donde, R es la constante de proporcionalidad, denominada constante universal de los gases ideales, por lo tanto, tiene el mismo valor para todas las sustancias gaseosas. Referente al valor de R, este dependerá de las unidades con que se trabajen las variables de estado (P, V, T y n) (Chang, 1992). En este sentido los valores que podría tener R de acuerdo a las unidades de las variables de estado son:

1. $R = 0,0082$ si $\frac{L \cdot atm}{mol \cdot K}$
2. $R = 8,314$ si $\frac{J}{mol \cdot K}$
3. $R = 1,987$ si $\frac{cal}{mol \cdot K}$

2.2.5. Ley de presiones parciales

En las leyes de los gases anteriores, se evidenció que a presiones bajas, todos los gases responden del mismo modo a los cambios de presión, volumen y temperatura. Ahora bien, la ley de Dalton de las presiones parciales sostiene que cada uno de los gases que componen una mezcla gaseosa se comporta como si fuese el único gas presente. Por ejemplo, se puede considerar el aire como un sólo gas cuando queremos aplicar la ley de los gases ideales o ecuación de estado para predecir su comportamiento. De esta forma, esta ley permite realizar cálculos cuantitativos sobre una mezcla de gases siempre que estos sean ideales y que no reaccionen entre sí (Willis, 1995).

Específicamente, Dalton estudió cómo calcular la presión de una mezcla de gases. Su razonamiento fue algo así: si se introduce una cierta cantidad de oxígeno en un recipiente, el cual ejerce una presión de 0,60 atm, y luego se evacúa el oxígeno del recipiente por completo, para así poder introducir en el recipiente gas de nitrógeno, que ejerce una presión de 0,40 atm a la misma temperatura, ¿cuál sería la presión que ejercerían estas mismas cantidades de los dos gases si estuvieran dentro del recipiente al mismo tiempo? Con algunas mediciones muy aproximadas, él concluyó que la presión resultante de la presión de ambos gases en el mismo recipiente sería de 1,00 atm, es decir, la suma de las presiones individuales de cada gas (Willis, 1995).

De este modo, Dalton definió que la presión parcial de cada gas, es la presión que éste ejercería si fuera el único gas presente en un determinado volumen. En este caso, las presiones parciales serían 0,60 atm y 0,40 atm, correspondientes a los gases de oxígeno y nitrógeno respectivamente (Willis, 1995).

De ahí que, Dalton describió el comportamiento de la mezcla de los gases de la siguiente manera (Willis, 1995):

La presión total de una mezcla de gases, que ocupa un volumen, es la suma de las presiones parciales de los gases que la componen.

CAPÍTULO 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este capítulo se presenta la propuesta metodológica con la que se buscó dar respuesta a la pregunta de investigación planteada. Para ello, en primer lugar, se consideran aspectos generales como la descripción de la metodología y los propósitos del trabajo. En segundo lugar, se explica el instrumento metodológico empleado. Finalmente, se describe el procedimiento metodológico, el cual se desarrolló en dos fases: 1) Generación de una teoría de dominio específico a través del instrumento metodológico de la Representación del Contenido (ReCo) como una heurística para el diseño y desarrollo de materiales de enseñanza (Candela, 2016a); 2) Materialización en un formato digital de la teoría de dominio específico generada sobre la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología de investigación asumida para dar respuesta a la pregunta problema se enmarca en un enfoque cualitativo y de tipo descriptiva, debido a que se quiere comprender un fenómeno en un contexto particular al diseñar un material de enseñanza con coherencia intracurricular para el contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*⁵, y se pretende detallar cómo se puede diseñar dicho material. Ahora bien, para comprender de mejor manera la metodología llevada a cabo en la realización del diseño del material de enseñanza, se expone a continuación algunos aspectos clave acerca de los estudios de diseño como metodología de investigación.

Sobre el enfoque del diseño de la enseñanza conocido como los estudios de diseño, es pertinente considerar que este al pretender generar guías útiles para apoyar el aprendizaje de tópicos específicos a los estudiantes (Lagemann, 2002, citado por Candela, 2016a, p. 23), se establece como una metodología de investigación que busca fortalecer procesos investigativos con esa finalidad. Este tipo de estudios son realizados con la intención de generar teorías de dominio específico, y diseñar materiales y prácticas que se puedan utilizar para orientar la toma de decisiones curriculares y de enseñanza de investigadores y docentes en diversos contextos de enseñanza y aprendizaje (Barab, 2006).

⁵Este contenido corresponde al currículo prescrito de las ciencias naturales, para el ciclo décimo a undécimo, de acuerdo a los estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales (Ministerio de Educación Nacional, 2004)

En concordancia con dicha intención, esta metodología de investigación determina que los procesos de diseño sean orientados por la formulación de conjeturas (Shavelson & Towne, 2002), conformadas por la interacción de los siguientes elementos: conocimiento de las ideas para la enseñanza de un tópico específico; metas de aprendizaje; conocimiento de las concepciones alternativas de los estudiantes al respecto; estrategias de enseñanza para cada idea (Agudelo, 2015); dificultades/limitaciones de la enseñanza/aprendizaje de las ideas del tópico específico; formas específicas de evaluación (Candela & Viafara, 2014), y; recursos tecnológicos para representar, formular y gestionar la enseñanza (Candela, 2016a).

Dichas conjeturas deben ser recopiladas en un formato, para lo cual en esta investigación se hizo uso de la ReCo como instrumento metodológico que permite generar una teoría de dominio específico, aspecto que hace parte de los aportes relevantes derivados de las investigaciones desarrolladas desde la línea del diseño educativo. Conviene destacar que se tomó la decisión de utilizar el instrumento metodológico de la ReCo, debido a que permite recoger explícitamente la toma de decisiones curriculares y de enseñanza sobre un contenido específico, a partir de su estructura lógica (Loughran, Berry & Mulhall, 2006).

De esta manera, el instrumento de la ReCo tiene el potencial de apoyar al diseñador durante el proceso de diseño del material de enseñanza. Para ello, la estructura de dicho instrumento está constituida por doce interrogantes cuya función es la de representar el conjunto de intenciones de diseño (ver anexo 1). Ahora bien, con el fin de desarrollar teórica y metodológicamente cada uno de los anteriores interrogantes, el diseñador debe realizar una lectura sistemática al cuerpo de conocimiento que configura el conjunto de teorías de naturaleza general e intermedias derivadas de los estudios del campo de la educación (ej., teorías del aprendizaje, pedagogía general, literatura en educación en ciencias), que se encuentran relacionadas con la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*.

Naturalmente, dicha tarea analítica le permite al diseñador formular una teoría de dominio específico, que prescribe un conjunto de actividades de aprendizaje mediadas por los recursos digitales y una serie de estrategias de enseñanza, cuyo fin descansa en andamiar la comprensión conceptual del contenido en consideración. Conviene subrayar, que esta teoría de dominio específico tiene la función crítica de informar el diseño del material de enseñanza, de manera que se refleje en esta la relación de la teoría y la práctica del diseño, y la coherencia intracurricular (Candela, 2016a). Es decir, esta acción de diseño permite vincular de manera

coherente los elementos de la enseñanza, tales como: conjunto de ideas que configuran el contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*; metas de aprendizaje; dificultades/limitaciones y concepciones alternativas; estrategias de enseñanza; formas de representar, formular y gestionar la enseñanza; evaluación formativa del contenido, entre otros.

Ahora bien, teniendo en cuenta que la presente investigación tiene como pregunta central: ¿Cómo diseñar un material de enseñanza sobre el comportamiento de sustancias en estado gaseoso que presente una coherencia intracurricular? se considera como posible respuesta a este problema lo siguiente: el diseño de materiales de enseñanza de un tópico específico es un proceso complejo, donde las decisiones curriculares y de enseñanza deben estar sustentadas desde las teorías educativas de nivel general (como las teorías del aprendizaje, la pedagogía general y las teorías del diseño instruccional), y las teorías educativas de nivel intermedio derivadas de los estudios del campo de la educación en ciencias, que estén relacionadas con el contenido en cuestión. De esta manera, se busca vencer la brecha existente entre la práctica del diseño y la investigación educativa, fortaleciendo la conexión entre estos elementos. Lo anterior, se puede realizar a través del instrumento metodológico ReCo, que aunque no haya sido diseñado con este fin educativo, permite la reflexión y toma de decisiones curriculares y de enseñanza de gran importancia para esta labor curricular. Además, este instrumento permite construir una teoría de dominio específico que ilumina el diseño del material de enseñanza caracterizado, principalmente, por presentar una coherencia intracurricular.

3.2. PROPÓSITOS

Propósito General: Diseñar un material de enseñanza sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso que presente una coherencia intracurricular.

Propósitos Específicos:

- Generar una teoría de dominio específico para la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso* a través de la ReCo como instrumento metodológico.
- Materializar en un formato digital la teoría de dominio específico para la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso* generada en esta investigación.

3.3. INSTRUMENTO METODOLÓGICO

Con el propósito de generar una teoría de dominio específico durante el proceso de diseño, se utilizó como instrumento metodológico la ReCo (Representación del Contenido) (ver anexo 1). Cabe mencionar que este es un instrumento metodológico diseñado originalmente por el equipo conformado por Loughran, Gunstone, Berry, Milroy y Mulhall (2000) citado por Candela y Viafara (2014, p. 57) a partir del marco teórico de los estudio de casos, construido con la intención de capturar, documentar y representar los pensamientos, juicios, tomas de decisiones y acciones llevadas a cabo por un docente experimentado y ejemplar, cuando diseña y enseña un tópico específico del currículo de la ciencia (Candela & Viafara, 2014).

Igualmente, en la última década, se ha comprendido que el desarrollo reflexivo de este instrumento por parte de docentes de ciencias en formación probablemente les permita comenzar a identificar, explicitar y desarrollar su conocimiento hipotético sobre el diseño y la enseñanza de un contenido específico de ciencias (Bertram & Loughran, 2012; Candela, 2016a; Candela, 2016b; Candela & Viafara, 2014; Hume, 2010; Hume & Berry, 2013), por lo que se ha comenzado a utilizar como un recurso curricular en cursos denominados “aprendiendo a enseñar química” con dicho fin (Candela, 2016b).

Con relación a la estructura de este instrumento, se encuentra constituido por el conjunto de ideas fundamentales para la comprensión de un tópico específico, y un grupo de preguntas que deben ser respondidas para cada idea. Inicialmente, la ReCo se elaboró con ocho preguntas que se construyeron teniendo en cuenta las dos clases de decisiones clave que puede tomar el docente: las decisiones curriculares y las decisiones instruccionales (Shulman, 2001). Las primeras, tienen que ver con la planificación reflexiva del acto educativo, es decir, la selección de la estructura conceptual del tópico específico, las metas a alcanzar a través de la enseñanza de este tópico, los aspectos del tópico que hacen difícil su enseñanza y aprendizaje, entre otros. Por su parte, las decisiones de enseñanza se refieren a las estrategias de enseñanza generales para la enseñanza de la disciplina y las estrategias específicas del tópico a abordar (Shulman, 2001).

Sin embargo, a la estructura lógica de la ReCo se le ha hecho una adaptación con el propósito de integrar la tecnología a la enseñanza de las ciencias de manera articulada con el contenido y la pedagogía, así como también integrar el aspecto de la evaluación de un contenido específico (Candela, 2016a). De modo particular, dicha adaptación se realizó bajo los marcos

teóricos provenientes de las perspectivas del CTPC de Mishra y Koehler (2006) y, Magnusson, Krajcik y Borko (1999), brindando así la oportunidad a los docentes de comenzar a identificar, explicitar y desarrollar los aspectos que configuran CTPC de un contenido específico de ciencias (Candela, 2016a). De acuerdo con esto, a la ReCo se le añadieron cuatro preguntas con las cuales se integran los aspectos de la tecnología en la enseñanza y la evaluación, logrando así que cada pregunta del instrumento de la ReCo se vinculara estrechamente con los diferentes elementos del CTPC formulados por los autores de este paradigma (Magnusson et al., 1999; Mishra & Koehler, 2006), constituyéndose finalmente la ReCo por doce preguntas.

De ahí que, la estructura lógica de este instrumento permite recopilar las decisiones curriculares y de enseñanza que toma el docente cuando diseña la enseñanza del tópico en consideración. Además, permite establecer unas relaciones conscientes entre los elementos de la enseñanza de un contenido específico, vinculados con los estudiantes, el contenido específico y la práctica de los docentes (Candela & Viafara, 2014; Mulhall et al., 2003). Dichos elementos hacen referencia a: 1) un resumen de las grandes ideas para la enseñanza de un determinado tópico; 2) metas de aprendizaje; 3) concepciones alternativas de los estudiantes sobre cada idea; 4) limitaciones y dificultades relacionadas con la enseñanza/ aprendizaje de esas ideas; 5) estrategias de enseñanza para cada idea; 6) conocimiento de la evaluación de un contenido específico, y (Candela & Viafara, 2014); 7) recursos tecnológicos para representar, formular y gestionar la enseñanza (Candela, 2016a).

Las anteriores asunciones permiten considerar que el instrumento metodológico de la ReCo posee el potencial de orientar el proceso de diseño de materiales de enseñanza, al ser una estrategia apropiada para guiar la formulación de teorías de dominio específico sobre el contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, dado que, la estructura lógica de ésta le permite al diseñador reflexionar y articular de manera efectiva y eficiente sobre cada uno de los elementos de la enseñanza del contenido en cuestión. De esta manera, estas teorías direccionan la forma de cómo diseñar un material de enseñanza con coherencia curricular.

3.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

El diseño del material de enseñanza sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso con coherencia intracurricular, se realizó en dos fases: 1) Generación de una teoría de dominio específico a través del instrumento metodológico de la Representación del Contenido (ReCo) como una heurística para el diseño y desarrollo de materiales de enseñanza; 2)

Materialización en un formato digital de la teoría de dominio específico generada sobre la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*.

A continuación se presenta el desarrollo de cada una de estas fases:

3.4.1. Generación de una teoría de dominio específico a través del instrumento metodológico de la Representación del Contenido (ReCo) como una heurística para el diseño y desarrollo de materiales de enseñanza.

La generación de la teoría de dominio específico a través del instrumento metodológico de la Representación del Contenido (ReCo) como una heurística para el diseño y desarrollo de materiales de enseñanza, se desarrolló a partir de tres partes fundamentales: la primera consistió en la selección de la Gran Idea y su división en cinco sub-ideas; la segunda en responder cada uno de los interrogantes que componen la ReCo; y la tercera, el diseño de las actividades para la enseñanza de sustancias en estado gaseosos.

Antes de proseguir, cabe recordar que en esta investigación el instrumento ReCo fue modificado de acuerdo a las necesidades y propósitos que se tienen con la misma, puesto que para el diseño del material de enseñanza en esta investigación resulta fundamental incorporar el conocimiento que proporciona los estudios sobre el uso educativo e implicaciones de las Tecnologías de la Información y Comunicación en los procesos de enseñanza y aprendizaje de contenidos curriculares. Por lo anterior, la ReCo utilizada aquí cuenta con doce interrogantes y no con ocho como la diseñada originalmente.

Ahora bien, la primera parte de esta fase metodológica consistió en la selección de la *Gran Idea*, para lo cual inicialmente se eligió un contenido del currículo de la química con base a los conocimientos previos de las investigadoras, contruidos a partir de su experiencia como estudiantes, tanto de educación básica-secundaria como de nivel superior. En esta elección se consideró que los contenidos de esta disciplina se caracterizan, principalmente, por el alto nivel de abstracción que presentan, dificultando con ello el proceso de enseñanza y aprendizaje del mismo. De esta manera, se decidió abordar el contenido *Comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, ya que posee un alto nivel de abstracción.

Este contenido requiere trabajar las relaciones que se establecen entre las variables de estado bajo la ecuación $PV=nRT$, de modo que los estudiantes logren comprender el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso al establecer dichas relaciones. Por ello, se seleccionó la siguiente Gran Idea: “*El comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*”

se encuentra determinado por las relaciones que se establecen entre las variables de estado (presión, temperatura, volumen y cantidad de sustancia) según la ecuación $PV=nRT$ ”.

Ahora bien, se respaldó la elección del contenido mencionado (del cual derivó la selección de la Gran Idea) con la revisión de la literatura respecto a este tipo de contenidos del currículo de la química, la cual evidenció que la enseñanza y aprendizaje del comportamiento de las sustancias en estado gaseoso se considera un proceso difícil, puesto que los estudiantes no las consideran como parte de su vida cotidiana al no ser fácilmente perceptibles por su sistema sensorial (Kind, 2004; Rubio, 2013). Es decir, que el nivel de abstracción que caracteriza a este contenido, es uno de los aspectos fundamentales que pueden impedir su adecuada enseñanza y, por ende, su aprendizaje.

Por otra parte, se realizó la indagación sobre el papel estructurante que cumple el contenido seleccionado para la comprensión del currículo de la química. Se encontró que el estudio del comportamiento de las sustancias en estado gaseoso, es un contenido transversal en todo el proceso educativo, debido a que es abordado en diferentes grados de escolaridad y profundidad, ya sea para su desarrollo particular, como para la comprensión de otros contenidos relacionadas con el mismo. Además, la importancia de este contenido en la comprensión del currículo de la química, radica en que esta es útil para continuar extendiendo en los estudiantes el desarrollo de uno de los esquemas conceptuales de cuantificación, el esquema de la proporcionalidad directa e inversa (Candela & Viafara, 2014).

En este sentido, este tipo de esquemas son estimados como imprescindibles para la comprensión de diferentes conocimientos científicos abordados en el aula (Pozo, 2009). Con respecto al esquema de la proporcionalidad, se sostiene que muchos de los conceptos científicos incluyen una relación entre dos conceptos, y que en las ciencias naturales, además, dicha relación suele asumir la forma de una proporción (Pozo, 2009). De acuerdo con lo anterior, el aportar al desarrollo del esquema de la proporcionalidad directa e inversa es un asunto de relevancia, en el sentido de que es una base de conocimiento necesaria para el aprendizaje de otros contenidos científicos.

Igualmente, cabe mencionar que el estudio del comportamiento de las sustancias en estado gaseoso permitió el desarrollo de la denominada “*Química Neumática*”, que revela el misterio de la composición del aire, así como el descubrimiento de sustancias gaseosas sumamente importantes. Además, el entendimiento de las propiedades de estas sustancias, ha

permitido interpretar las propiedades de los estados líquidos y sólidos; así como las propiedades atómicas y moleculares.

Además de las anteriores razones para la elección del contenido en cuestión, se visualizó la pertinencia que tendría el uso educativo de las Tecnologías de la Información y Comunicación TIC para lograr mitigar dicho nivel de abstracción. Puesto que estas herramientas facilitan la representación de contenidos a través del uso de simuladores, videos, animaciones, entre otros.

En relación a la selección de las cinco sub-ideas, ésta se realizó con base a la información proporcionada de libros escolares y universitarios, en relación a la manera en que se estructura el desarrollo de los contenidos que componen la gran idea. Además, se hizo la valoración de dicha estructura y ciertos ajustes de acuerdo a las necesidades de la investigación, debido a que la intencionalidad de la selección de estas sub-ideas es que a partir de la comprensión e integración de las mismas se logre llegar a la comprensión de la gran idea seleccionada.

La segunda parte en esta fase metodológica consistió en dar respuesta a los doce interrogantes que componen la ReCo, para cada una de las ideas (ver anexo 1). Cabe recordar la adaptación realizada al instrumento ReCo con el fin de integrar los elementos de la tecnología para la enseñanza de las ciencias y la evaluación de un contenido específico, de los cuales, con la estructura original del instrumento, no se podían recopilar las decisiones curriculares y de enseñanza tomadas por el docente al respecto.

Conviene recalcar que las respuestas elaboradas para estos interrogantes constituyen la teoría de dominio específico sobre la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, la cual se expone en el capítulo 4 de resultados (ver apartado 4.1.). Se puede inferir entonces que, la resolución a estas preguntas requiere la realización de una indagación y análisis minucioso de fuentes documentales que aporten confiabilidad y validez a los productos de la investigación, es decir, a la teoría de dominio específico y a su materialización en un formato digital con coherencia intracurricular. Además de ello, se requiere de un proceso de retroalimentación, el cual permita refinar dicha teoría a partir del diálogo y debate con pares, y de la orientación de un docente experimentado en la disciplina de la química.

En cuanto a las fuentes documentales de las cuales se extrajo la información pertinente para el diseño del material de enseñanza provienen, en primera instancia, de la literatura resultante de las investigaciones del campo de la educación, con respecto a las teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño instruccional y la literatura en educación en ciencias. Igualmente, se consultaron textos universitarios que permitieron ahondar en el análisis conceptual del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, y se indagaron las políticas educativas sobre la educación en ciencias. El acceso a este conjunto de documentos fue posible mediante bases de datos en línea y revistas en formato electrónico, además de la consulta de tesis y libros impresos en la biblioteca de la Universidad del Valle

Como dicha indagación está orientada al diseño de un material de enseñanza con coherencia intracurricular que esté fundamentado por una teoría de dominio específico, el proceso de análisis de las fuentes documentales se hizo tomando en cuenta los principios de diseño (ver apartado 2.1.4.) que permiten lograr esa coherencia, y su relación con los interrogantes que componen el instrumento metodológico ReCo, en el que se plasma la teoría de dominio específico.

De acuerdo con ello, el proceso analítico ha brindado la posibilidad de explicitar las relaciones entre la coherencia intracurricular como principio transversal de diseño, los principios de diseño provenientes de la línea de investigación del diseño educativo, y las preguntas que conforman el instrumento metodológico ReCo. Dichas relaciones se exponen en la siguiente rejilla de análisis (ver tabla 1).

Tabla 1. Relación entre los principios de diseño y las preguntas que conforman la ReCo.

Principio Transversal de Diseño	Principios de Diseño	Preguntas de la ReCo
<u>Coherencia intracurricular</u>	<i>Selección y descomposición de la gran idea</i>	1. ¿Qué intenta que aprendan los estudiantes alrededor de esta idea? 3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (que no tiene la intención de que sus estudiantes conozcan)?

	<i>Metas de aprendizaje</i>	2. ¿Por qué es importante que los estudiantes aprendan esta idea?
	<i>Reconocimiento de las dificultades de Enseñanza y Aprendizaje</i>	4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea? 5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los estudiantes influyen en su enseñanza de esta idea? 6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?
	<i>Estrategias de enseñanza</i>	7. ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea? 8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea? 9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utiliza para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño? 10. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?
	<i>Evaluación continua y formativa</i>	11. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los estudiantes emplea alrededor de esta idea?

Fuente: Elaboración propia, a partir de los planteamientos de Loughran et al. (2006) y Candela (2016a).

Como se puede apreciar, la coherencia intracurricular es considerada en este estudio como un principio transversal, de modo tal que articula los demás principios e interrogantes que configuran la ReCo. De esta forma, el análisis de las fuentes documentales bajo estas relaciones, posibilita la construcción de una teoría de dominio específico, la cual se hace con

el propósito de generar un marco teórico que brinde la posibilidad de elaborar un material de enseñanza con coherencia intracurricular.

La tercera parte de esta fase metodológica consistió en el diseño de las actividades para la enseñanza del comportamiento de las sustancias en estado gaseoso, tomando como base la teoría generada. En esta parte, se hizo necesario el uso de elementos aportados por diferentes fuentes de la web como: páginas webs, videos, animaciones, imágenes gif, entre otros. Además, este proceso se hizo en compañía de un docente experimentado y de pares académicos, a los cuales se les presentaron las actividades diseñadas y los argumentos por los que se tomaban las decisiones curriculares y de enseñanza. Estos a su vez, presentaban las respectivas correcciones y sugerencias hacia el diseño realizado. Lo anterior permitió que se mantuviera una constante retroalimentación, y en consecuencia el enriquecimiento de cada una de las actividades y del trabajo en general.

Luego, para materializar la teoría de dominio específico generada aquí, se organizaron un conjunto de actividades en un formato digital, lo cual se explica a continuación.

3.4.2. Materialización en un formato digital de la teoría de dominio específico generada sobre la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*.

La materialización de la teoría de dominio específico sobre la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso* en un formato digital, constó de las siguientes partes: 1) el montaje de las actividades en el software eXeLearning y su publicación en la internet; 2) la elaboración de un complemento denominado Material del estudiante, y; 3) la realización del Material del docente.

Con relación a la primer parte, para la construcción del material de enseñanza se hizo uso de una herramienta de autor de código abierto que facilita a los docentes la creación de contenidos educativos web, denominada eXeLearning (<http://exelearning.net/>, ver anexo 2), la cual cabe destacar que es un software libre que no requiere de ser ni de convertirse en un experto en el manejo del lenguaje de programación usado para la elaboración de páginas web.

De esta manera, el material de enseñanza digital que se construyó en eXeLearning fue una página web, para la cual se seleccionaron diversos recursos educativos, de acuerdo a las necesidades de diseño establecidas por la teoría de dominio específico generada anteriormente a través de la ReCo,

Luego de finalizar la construcción de la página web educativa, se procedió a publicarla haciendo uso de la página Miarroba (<http://miarroba.es/>), que ofrece diversos servicios gratuitos para desarrolladores de sitios web, entre ellos, el conocido como *web hosting* (publicación en la web). Conviene mencionar que esta es una página de fácil uso, de la cual se pueden encontrar diversos tutoriales en YouTube para aprender a utilizar su servicio de publicación.

En cuanto a la segunda parte para la construcción del material de enseñanza, consistió en la elaboración del Material del estudiante⁶, el cual se realizó con base al material digital diseñado y con la intención de complementar el mismo, considerando que el material en eXeLearning no es descargable. Es decir, el material del estudiante le brinda la oportunidad al mismo de acceder al contenido del material digital, sin necesidad de contar con un computador ni con servicio a internet, aunque no tendría la posibilidad de visualizar las herramientas digitales. Igualmente, este material complementario permite apoyar el aprendizaje al ahondar en aspectos teóricos de los temas trabajados en el material digital, y dar el espacio adecuado para la resolución del conjunto de actividades propuestas en el material de enseñanza digital.

Por último, la tercera parte que corresponde a la realización del Material del docente⁷, se hace con el propósito de brindar de manera explícita información práctica al docente que le oriente acerca del uso del material de enseñanza en el aula, como indicar las respuestas científicas a varias de las preguntas dirigidas a los estudiantes incluidas en este material, mencionar cómo se puede desarrollar cada una de las actividades del material en el aula, y advertir acerca de los errores conceptuales que pueden generarse en los estudiantes debido a la transposición didáctica efectuada; todo ello con el fin de potencializar el proceso de enseñanza-aprendizaje del tópico en cuestión.

⁶Para acceder al Material del estudiante, dar clic en el siguiente enlace
<https://drive.google.com/file/d/0B6OdA1weRDNDbmZueFNrZG9oWDO/view?usp=sharing>

⁷Se puede tener acceso al Material del docente a través del enlace
<https://drive.google.com/file/d/0B6OdA1weRDNDDeWFpUDNDUJN5b0k/view?usp=sharing>

CAPÍTULO 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se exponen los resultados obtenidos a través del proceso de investigación orientado por las fases metodológicas comentadas en el capítulo anterior. Así, se obtuvieron dos resultados: 1) una teoría de dominio específico sobre la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*; y 2) la materialización de dicha teoría en un formato digital (página web), la cual se puede acceder a través del enlace <http://lina-gina-gases.webcindario.com/>⁸ completando de esta forma el proceso de diseño del material de enseñanza.

En este sentido, la teoría de dominio específico generada se concreta en un material de enseñanza en formato digital para uso exclusivo en aulas de clases y guiado por el docente, en el que sólo se abordan las ideas fundamentales para la comprensión de la naturaleza y el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso por parte de los estudiantes. Conviene aclarar, que este material de enseñanza no fue diseñado para un PEI (Proyecto Educativo Institucional) particular, sino que es un diseño pensado para el contexto nacional, ajustado a las políticas estatales en educación en ciencias como los estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales, y los lineamientos curriculares de las ciencias naturales. En consecuencia, puede ser utilizada y adaptada por el docente de ciencias naturales en el contexto colombiano.

A continuación, se presentan tanto la teoría de dominio específico generada, como su materialización en un formato digital.

⁸El material de enseñanza se materializó en una página web diseñada exclusivamente para apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje de la gran idea “*El comportamiento de las sustancias en estado gaseoso se encuentra determinado por las relaciones que se establecen entre las variables de estado (presión, temperatura, volumen y cantidad de sustancia) según la ecuación $PV=nRT$* ”.

4.1. TEORÍA DE DOMINIO ESPECÍFICO SOBRE LA ENSEÑANZA DEL CONTENIDO COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS EN ESTADO GASEOSO.



INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

DOCENTES: Lina Marcela Gallardo; Gina Vanessa Torres

ReCo

Gran Idea: El comportamiento de las sustancias en estado gaseoso se encuentra determinado por las relaciones que se establecen entre las variables de estado (presión, temperatura, volumen y cantidad de sustancia) según la ecuación $PV=nRT$.

Núcleo conceptual: Cuantificación de las relaciones en química (proporcionalidad, correlación y probabilidad).

Estándar básico de competencias: Relaciono la estructura de las moléculas orgánicas e inorgánicas con sus propiedades físicas y químicas y su capacidad de cambio químico.

Acciones de pensamiento:

- Identifico variables que influyen en los resultados de experimentos y simulaciones.
- Recojo y utilizo datos haciendo uso de aplicaciones digitales.
- Registro mis observaciones y resultados utilizando gráficos y tablas, de forma organizada y sin alteración alguna.
- Utilizo las matemáticas para modelar, analizar y presentar datos y modelos en forma de ecuaciones, funciones y conversiones.
- Desarrollo mis competencias lingüísticas y comunicativas.

- Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos.
- Cumpló mi función cuando trabajo en grupo y respeto las funciones de otras personas.

Diseño elaborado para el nivel educativo Décimo a Undécimo, en el contexto nacional.

GRAN IDEA: El comportamiento de las sustancias en estado gaseoso se encuentra determinado por las relaciones que se establecen entre las variables de estado (presión, temperatura, volumen y cantidad de sustancia) según la ecuación $PV=nRT$.

SUB-IDEAS:

1. Las sustancias en estado gaseoso ejercen presión por la serie de choques entre sus partículas (átomos y moléculas) y contra las paredes del recipiente que los contienen.
2. Las partículas de las sustancias en estado gaseoso poseen un movimiento intrínseco, el cual depende principalmente de su energía cinética.
3. Las leyes de los gases describen el comportamiento de las partículas que conforman las sustancias en estado gaseoso, a través de las relaciones de proporcionalidad establecidas entre las variables de estado, mediante un control de estas.
4. La combinación de las leyes de los gases da lugar a la ecuación de estado de los gases ideales, la cual permite relacionar todas las variables de estado para determinar el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso.
5. La presión total de las partículas que constituyen una mezcla de sustancias en estado gaseoso es igual a la suma de las presiones parciales que ejercen cada una de las partículas de forma independiente.

PREGUNTA	Las sustancias en estado gaseoso ejercen presión por la serie de choques entre sus partículas (átomos y moléculas) y contra las paredes del recipiente que los contienen.	Las partículas de las sustancias en estado gaseoso poseen un movimiento intrínseco, el cual depende principalmente de su energía cinética.	Las leyes de los gases describen el comportamiento de las partículas que conforman las sustancias en estado gaseoso, a través de las relaciones de proporcionalidad establecidas entre	La combinación de las leyes de los gases da lugar a la ecuación de estado de los gases ideales, la cual permite relacionar todas las variables de estado para determinar el	La presión total de las partículas que constituyen una mezcla de sustancias en estado gaseoso es igual a la suma de las presiones parciales que ejercen cada una de las partículas de forma independiente.
----------	---	--	--	---	--

			las variables de estado, mediante un control de estas.	comportamiento de las sustancias en estado gaseoso.	
1. ¿Qué intenta que aprendan los estudiantes alrededor de esta idea?	Se intenta potencializar en los estudiantes sus competencias lingüísticas de comunicación, es decir, que estos aprendan a leer, hablar y escribir adecuadamente.				
	Que los estudiantes reconozcan que los gases tienen presión, la cual es una manifestación de la fuerza que se genera en las áreas de choque cuando las partículas de un gas chocan entre ellas y contra el recipiente que las contiene. Además, que la presión en los gases se ve afectada por las variables de temperatura y volumen.	Que los estudiantes comprendan que los gases ideales están constituidos por partículas (átomos y moléculas), entre las cuales existen espacios vacíos y no hay fuerzas intermoleculares, realizando constantes movimientos aleatorios, que suceden en línea recta, debido a que dichas partículas poseen energía cinética que depende de la temperatura del sistema. Además, durante esos	Que los estudiantes comprendan y deduzcan el tipo de relación que existe entre las variables de estado de los gases, con el fin de que construyan modelos teóricos a través del control de variables, que les permitan describir el comportamiento de las partículas (átomos y moléculas) de las sustancias en estado gaseoso.	Que los estudiantes deduzcan la ecuación de estado de los gases ideales a partir de las diferentes leyes de los gases ideales, la cual les permita describir el comportamiento de las partículas (átomos y moléculas) que constituyen las sustancias en estado gaseoso.	Que los estudiantes comprendan que las partículas (átomos y moléculas) de cada uno de los gases contenidos en un recipiente, ejercen una presión particular, conocida como presión parcial del gas, siempre y cuando dichos gases no reaccionen.

		movimientos, las partículas del gas chocan elásticamente unas con otras y contra las paredes del recipiente que las contiene, y que la frecuencia de dichas colisiones explica la presión que ejercen los gases.			
2. ¿Por qué es importante que los estudiantes sepan esta idea?	Una de las metas generales que se tiene con la enseñanza de estas ideas es que los estudiantes comiencen a desarrollar o continúen el desarrollo de sus competencias lingüísticas comunicativas, ya que se consideran que éstas son fundamentales para cualquier ciudadano, pues le permiten expresar e interpretar conceptos, pensamientos, hechos y opiniones a través de discursos orales y escritos, de modo que sea partícipe activo y consciente en su sociedad (Candela, 2014b). También, que los estudiantes desarrollen habilidades de escucha en los espacios de discusión, reconocer otros puntos de vista, compararlos con los propios y poder modificarlos ante argumentos mejor contruidos (Ministerio de Educación Nacional, 2004) Y por último, que los estudiantes sean conscientes de la importancia de cumplir con su función en los trabajos en grupos y, respetar y reconocer las funciones de los demás, con el fin de obtener los resultados deseados (Ministerio de Educación Nacional, 2004)				
	Porque los estudiantes podrán reconocer y comprender las relaciones que se presentan entre las variables de estado de los gases, y de esta manera formular modelos matemáticos que les permitan describir el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso.				

	Porque esta idea hará posible que los estudiantes comprendan la presión como una idea transversal a otros conceptos que configuran el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso, debido a que es una variable de estado que permite describir el comportamiento de las partículas de dichas sustancias a nivel submicroscópico, siendo de esta forma un pilar fundamental de la teoría cinética de los gases, sobre todo en cuanto al aspecto de los choques elásticos que se generan entre las moléculas (Martín-	Porque con esta idea los estudiantes pueden llegar a comprender y utilizar la teoría cinética de los gases para explicar el comportamiento de las partículas de las sustancias en estado gaseoso, al reconocer que dichas partículas son las que conforman las sustancias en estado gaseoso, entre las cuales existe un espacio vacío, y se encuentran equitativamente distribuidas dentro del recipiente que las contiene. Además, comprender que	Porque los estudiantes podrán utilizar las matemáticas para modelar, analizar y presentar datos y modelos en forma de ecuaciones, funciones y conversiones (Ministerio de Educación Nacional, 2004).
--	--	---	---

	Sánchez et al., 2005). También, la presión está relacionada con fenómenos naturales de la vida real como la presión atmosférica y el punto de ebullición de los líquidos, de modo que al ser trabajada facilita comprender estos fenómenos (Martín-Sánchez et al., 2005).	dichas partículas están constantemente en movimiento, y cuyas colisiones son perfectamente elásticas, las cuales se deben a la energía cinética promedio de las partículas, que depende de la temperatura (Nash, 1966), de modo que evidencien la forma en que la temperatura y el movimiento de las partículas están relacionados (Ibáñez & Gianna, 2012).			
			Porque a partir de la comprensión de estas leyes, los estudiantes pueden comenzar a interpretar los comportamientos	Porque a partir de la comprensión de esta ley, los estudiantes pueden percatarse de la manera en que las leyes de	Porque a partir de la comprensión de esta ley, los estudiantes pueden entender el comportamiento dado entre las presiones de varios gases contenidos

			de los gases en diferentes fenómenos que se puedan presentar, ya sea en la vida cotidiana, o en condiciones ideales en una práctica de laboratorio. También, esta idea puede facilitar el entendimiento de las propiedades de los gases, a partir del comportamiento de sus partículas (Ibáñez & Gianna, 2012). Igualmente, con el abordaje de esta idea, los estudiantes pueden desarrollar prácticas científicas como el control de variables, la recolección, la organización y el análisis de datos, a	Boyle, Charles y Gay Lussac se combinan dando lugar a la ley de los gases ideales, además de poder explicar fenómenos en que los gases presentan dos o más variaciones de sus propiedades (Chang, 1992).	en un mismo lugar, sin que estos reaccionen, considerando como ejemplo el aire y la atmósfera (Willis, 1995). Además, a partir del desarrollo de esta idea pueden desarrollar y potencializar las habilidades de observación y explicación de lo observado (Ministerio de Educación Nacional, 2004).
--	--	--	---	---	---

			partir de experiencias simuladas. Así mismo, los estudiantes harán uso de tablas y gráficas para registrar los resultados obtenidos (Candela, 2014b). Adicionalmente, esta idea permite que los estudiantes desarrollen o continúen el desarrollo del esquema general de la proporcionalidad directa e inversa o compensatoria, lo cual es fundamental para el desarrollo de un pensamiento formal (Candela, 2014a).		
			Porque a partir del abordaje de esta idea, se puede contribuir a que los estudiantes desarrollen y potencialicen las habilidades		

	de observación, descripción y explicación de experiencias reales y simuladas (Ministerio de Educación Nacional, 2004).		
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (que no tiene la intención que sus estudiantes conozcan)?	Para determinar de manera consciente qué contenidos deben ser omitidos de la enseñanza de la gran idea, debido a que no son tan pertinentes para su comprensión, se consultaron algunos libros científicos en los que se aborda el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso y sus contenidos relacionados. Así, de acuerdo con Chang (1992), Sears y Salinger (1980), y Dickerson et al. (1993), se estima que los conocimientos previos y posteriores que pueden no incluirse en el proceso de enseñanza de la gran idea son: <i>Conocimientos previos</i> • Propiedades de la materia (masa, volumen, presión, temperatura) de manera general • Estados de agregación de la materia • Punto de ebullición y de fusión • Escala Kelvin • Discontinuidad de la materia • Conceptualización de átomo y molécula • Cantidad de sustancia (mol) • Interacciones entre partículas • Unidades SI • Cambio químico • Energía cinética • Choques elásticos <i>Conocimientos posteriores</i> • Gases reales (ecuación de van der Waals) • Alcanos. • Termodinámica • Equilibrio • Velocidades de las reacciones químicas		
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones	Los estudiantes, por lo general, construyen sus ideas sobre los conceptos físicos y químicos a través de la interacción de su sistema sensorial con el mundo que los rodea, situación que se les dificulta en el caso de los gases, debido a que estos no son percibidos fácilmente por los sentidos (Kind, 2004). De este modo, por ejemplo,		

relacionadas con la enseñanza de esta idea?	los estudiantes al no poder percibir el movimiento de las partículas, se les hace muy difícil explicar qué sucede cuando un gas se calienta o se enfría (Kind, 2004). En este sentido, una dificultad relacionada con lo anterior es que los estudiantes no tienen consciencia que existen distintos niveles de representación de la materia (nivel macroscópico, nivel submicroscópico, nivel simbólico), lo que facilita que se sientan confundidos frente a los contenidos químicos trabajados en clase con el docente (Johnstone, 2010), quien puede caer en el error de presentar dichos contenidos desde lo poco conocido, lo abstracto, lo invisible para los estudiantes, enfocándose solo en el nivel simbólico o en el submicroscópico, y dejando de lado el macroscópico, que da un marco experiencial al estudiante. Además, los estudiantes de algún modo pueden comprender el concepto teórico o la ley aplicada de la naturaleza y comportamiento de los gases en un problema, pero al momento de ir más allá, como por ejemplo interpretar una gráfica en un plano o en una determinada situación, muchas veces los estudiantes quedan impedidos para hacerlo, ya que no saben con claridad si se está haciendo referencia a una propiedad, una ley, etc. siendo incapaces de reflejar el concepto teórico visto anteriormente (Rubio, 2013). Otra dificultad son las concepciones alternativas que los estudiantes poseen sobre los gases, basadas en su experiencia cotidiana, su percepción e influencias culturales, entre las que se destaca el papel del lenguaje (Pozo, Gómez, Limon & Sanz, 1991).		
	Una importante dificultad en la enseñanza del modelo teórico de presión, es que este se encuentra mal representado en los libros de texto, de un modo confuso (Martín-Sánchez et al., 2005).	Las dificultades de enseñanza con respecto a esta idea son que los estudiantes no son conscientes del uso de los postulados de la teoría cinética de los gases para darle sentido a los cambios	Con relación a estas ideas, se evidencia que muchos estudiantes son capaces de resolver ejercicios sólo usando algoritmos, es decir, sin necesidad de comprender los modelos teóricos químicos que subyacen a los modelos matemáticos, logrando en muchas ocasiones dar la respuesta esperada, pero ignorando su significado (Triana, 2012).

		sucedidos (Ibáñez & Gianna, 2012). Esto demuestra una falta de comprensión de la teoría cinética, debido a que esta se trata de un modelo más racional que empírico, más de pensar que de observar (Martín-Sánchez et al., 2005).	
5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los estudiantes influyen en su enseñanza de esta idea?	Los estudiantes no consideran a los gases como materia, debido a que no los pueden percibir fácilmente por medio de su sistema sensorial, mediante el cual ellos construyen criterios sobre lo que existe o no (Rubio, 2013). En consecuencia, no comprenden que los gases están compuestos por partículas que se encuentran en constante movimiento (Kind, 2004). Sin embargo, en el transcurso de la escolaridad y con ayuda de las herramientas tecnológicas, ellos comienzan a aceptar que en muchas ocasiones la materia no se puede percibir de manera directa por los sentidos, lo que no niega su existencia, ya que, gracias a dichas herramientas y procesos experimentales, se pueden obtener evidencias de que si existe (Etxaniz & Santos 2005).		
	Según el estudio de Martín-Sánchez et al. (2005) donde recopila los resultados obtenidos en diversas investigaciones de autores como Seré	De acuerdo al estudio realizado por Ibáñez y Gianna (2012), los estudiantes, presentan los siguientes conocimientos	Los estudiantes demuestran una falta de comprensión de las variables de presión, volumen, temperatura y número de moléculas de los gases, así como de las relaciones entre ellas (leyes de los gases, ley de gases ideales), y presentan concepciones originadas por la ausencia (parcial o total) de las nociones de conservación de la masa, el peso y el volumen (Rubio, 2013). Con respecto a este último, algunos estudiantes no tienen claro que un gas ocupa todo el volumen del recipiente que lo contiene (Ibáñez y Gianna, 2012).

	(1992), Furio y Hernández (1983), Benlloch y Pozo (1996), Meheut (1998), entre otros, los estudiantes poseen las siguientes concepciones alternativas acerca de la presión: Los gases carecen de las propiedades características de la materia, como tener masa, peso, ocupar espacio. El vacío succiona y hace desplazarse a los fluidos, sin necesidad de la presión atmosférica. El aire solo ejerce presión si está en movimiento.	sobre la teoría cinético molecular de la materia: Las partículas en estado sólido se encuentran en estado de reposo. Las moléculas de una sustancia en estado sólido o líquido no son iguales que las moléculas de la misma sustancia en estado gaseoso. Así mismo, los estudiantes dan explicaciones macroscópicas, ante los inconvenientes que tienen para dar explicaciones desde el nivel microscópico (Candela, 2014a).	Además, los estudiantes tienen problemas al momento de interpretar los experimentos cuando deben de hacerlo usando las leyes de los gases, y más si es con la ley de Boyle. No obstante, les es más fácil hacer la interpretación cuando cambia la temperatura (Ley de Gay Lussac) (Lin, Cheng & Lawrenz, 2000).
--	--	--	---

	El aire al calentarse, se aleja del foco calorífico desplazándose a la zona más alejada del foco, como si huyera del fuego, y pierde peso. Los estudiantes no entienden el concepto de presión como una magnitud característica de un punto de un fluido y confunden presión con la fuerza ejercida sobre una superficie. Unen vacío con ausencia de gravedad.	Es por ello que, por ejemplo, explican la diferencia de la distancia entre las partículas en los diversos estados de la materia, afirmando que los gases tienden a ocupar todo el volumen disponible, o que los líquidos pueden fluir y los sólidos no, entre otras concepciones (Kind, 2004). Además, atribuyen la disminución del volumen de un gas al enfriarse, no a la disminución del movimiento de partículas, sino al incremento de las	
--	---	---	--

		fuerzas de atracción (Kind, 2004).	
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?	Considerando el conocimiento sobre el contexto como un aspecto fundamental en el diseño de materiales de enseñanza, se presenta a continuación algunos elementos de referencia acerca del docente, los estudiantes, los recursos necesarios para la implementación del material de enseñanza, entre otros aspectos contextuales: Docente: Se precisa de un profesional de la educación titulado como Licenciado en Biología y Química, que sea creativo y autónomo, y permita un acercamiento al estudio de las ciencias como científicos e investigadores, es decir, aproximarse al conocimiento a través de preguntas que surgen inicialmente de la curiosidad sobre el entorno (Ministerio de Educación Nacional, 2004). Así mismo, se requiere de un docente que desde la interacción de conocimientos de tipo conceptual, pedagógico y contextual, transforme los contenidos de forma que sean más comprensibles para el estudiante, posibilitando que este construya ideas sólidas y cercanas a la ciencia (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012), y utilice su aprendizaje como base para desarrollar mayores capacidades (Ministerio de Educación Nacional, 2004). Estudiantes: El diseño del material de enseñanza está pensado para jóvenes con edades entre los 14 y los 18 años de edad, que sean participativos, tolerantes a la crítica y dispuestos a la discusión y el trabajo en equipo. Igualmente, se espera que los estudiantes tengan un interés en el uso de las tecnologías en su proceso de aprendizaje. Se piensa que es fundamental considerar el nivel de desarrollo cognitivo del estudiante, ya que este influye en su proceso de abstracción (Villar, 2003a). Además, se debe tener en cuenta los diferentes mecanismos habituales que tienen los estudiantes para percibir, interactuar y responder en un contexto de enseñanza y aprendizaje; es decir, los diferentes estilos de aprendizaje (Gardner, 2001), y buscar desarrollar en ellos la memoria a corto y a largo plazo (Johnstone, 2006), para potenciar su proceso de aprendizaje.		

	Recursos: Teniendo en cuenta que el material de enseñanza informado por esta ReCo se diseñó para el contexto nacional, se requiere que la institución educativa en la que se vaya a implementar dicho material, cuente básicamente con las tecnologías digitales estándar mencionadas en la pregunta 7 de este instrumento. En cuanto al contexto del aula de clase, se requiere del establecimiento de un lenguaje común que posibilite una buena y constante comunicación entre todos sus integrantes (Lemke, 1997). Para lograr esto, es necesario que dichos integrantes conozcan los siguientes elementos en los que se estructura la enseñanza de estas ideas: núcleo conceptual de la cuantificación de las relaciones en química; niveles de representación macroscópicos, submicroscópico y simbólico, y sus interacciones; y los esquemas conceptuales de interacción y conservación (Candela, 2014a). Finalmente, cabe señalar que, el diseño del material de enseñanza se encuentra alineado con las políticas estatales en educación en ciencias del país, como los Estándares Básicos de Competencia en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Dichos estándares tienen como propósito desarrollar en los estudiantes las prácticas científicas y las actitudes requeridas para explorar fenómenos y resolver problemas (Ministerio de Educación Nacional, 2004).				
7. ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?	Para la implementación del material de enseñanza, se necesita del uso de las siguientes tecnologías digitales estándar: Computador, proyector, internet, software eXeLearning. Este tipo de tecnologías se utilizan con la intención de gestionar la enseñanza en el aula, potenciando la labor del docente. Cabe mencionar que, si la institución educativa cuenta con los software conocidos como Classroom y/o Easy Tool, pueden ser utilizados para manejar el material de enseñanza aquí diseñado en el aula.				
8. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea?	Video que representa que los gases ejercen presión, la cual depende de la temperatura y el volumen en que se encuentren.	Texto que describe la teoría cinética. Animación-gif que representa el movimiento de las partículas de dos gases diferentes	Experiencia que permite evidenciar la relación entre el volumen y la presión de un gas en condiciones reales. Simulador que representa a nivel submicroscópico la	Texto que describe la manera en que las cuatro variables de los gases (volumen, temperatura, presión y número de moléculas) se relacionan, dando lugar a la Ley	Texto que describe el comportamiento de distintos gases contenidos en un mismo recipiente (mezcla de gases) sin que haya lugar a una reacción química, en

	Animación que permite evidenciar cómo varía el volumen que ocupa un gas al modificar la presión a la que se encuentra un gas. Donde también, se hace una descripción de barómetro. Animación que permite evidenciar el cambio de velocidad de las partículas de un gas de acuerdo a la temperatura en que estas se encuentren. Texto referente al barómetro, donde se indica que es el instrumento utilizado para la medida de la presión atmosférica. También, se presenta un recuento	contenidos en un mismo recipiente. Imagen que hace alusión al tipo de movimiento que realizan las partículas de un gas, y la manera en que estas chocan entre sí y contra las paredes del recipiente.	relaciona entre la presión y el volumen de un gas contenido en un recipiente, manteniendo la temperatura y la cantidad de moléculas del gas constantes. Texto que presenta la manera en que se define el estado de un gas a partir de la utilización de cuatro variables (temperatura, volumen, presión y número de moles) y la manera en que dichas variables se pueden relacionar. Texto que describe la Ley de Boyle y representa a nivel simbólico la relación entre el	general de los gases ideales. Texto que indica paso a paso la manera en que se aplica la ecuación general de los gases ideales.	relación a la presión que ejerce cada uno de los gases contenidos y la presión total de la mezcla de gas, situación que da lugar a la Ley de las presiones parciales de los gases. Imagen que representa la Ley de las presiones parciales de los gases.
--	---	---	--	---	--

	histórico sobre dicho instrumento.		volumen y la presión de un gas. Video que representa a nivel macroscópico la relación entre la temperatura y el volumen de un gas. Animación-gif que representa a nivel submicroscópico la relación entre la temperatura y el volumen de un gas, manteniendo la presión y el número de moléculas del mismo constante. Texto que describe la Ley de Charles y representa la relación a nivel simbólico entre la temperatura y el volumen de un gas. Historieta que representa a nivel macroscópico la		
--	------------------------------------	--	---	--	--

			relación entre la presión y la temperatura en los gases a partir de una situación cotidiana (cocción de frijoles en olla pitadora). Simulador que representa a nivel submicroscópico la relación entre la presión y la temperatura de un gas contenido en un recipiente, manteniendo constantes el volumen y el número de moléculas del gas. Texto que describe la Ley de Gay-Lussac y representa a nivel simbólico la relación entre la presión y la temperatura de un gas.		
--	--	--	---	--	--

			Experiencia que permite evidenciar la relación entre el volumen y número de moles de un gas en condiciones reales. Animación que representa la relación a nivel submicroscópico entre el volumen y el número de moléculas de un gas, manteniendo constantes las variables de temperatura y presión del gas. Texto que describe la Ley de Avogadro y representa a nivel simbólico la relación entre el volumen y el número de moléculas de un gas.		
--	--	--	--	--	--

9. ¿Por qué utiliza las anteriores herramientas digitales para representar la idea en consideración? ¿Qué criterios apoyan dicha intención de diseño?	Como esta idea requiere la construcción de conocimientos sujetos al nivel submicroscópico, se considera conveniente utilizar inicialmente un video (ubicado en Actividad 1.1 Introducción: Comportamiento de un globo dentro de una jeringa), el cual en este caso, se usa con la intención de acercar al estudiante al fenómeno de la presión de manera macroscópica, aprovechando la ventaja de este recurso para ofrecer al estudiante la observación de un fenómeno, de modo rápido y sencillo, además de que se puede reproducir las	La comprensión de este modelo teórico implica la integración de ideas como la conceptualización de molécula, movimiento intrínseco de las partículas, espacios vacíos, choques elásticos, energía cinética, entre otros (Ibáñez & Gianna, 2012). Es por ello que en esta idea se hace uso de una animación-gif (ubicada en Actividad 2.1 Descripción de la teoría cinética) que pone los principales postulados de la teoría cinética de los gases en un formato visualizable, aprovechando la ventaja de esta	En esta idea es importante que los estudiantes, más que aplicar algoritmos en ejercicios que involucren las leyes de los gases, entiendan conceptualmente lo que representan estas leyes. Por este motivo, se emplean en esta esta idea diversas herramientas digitales como videos, animaciones, simuladores y gifs, aprovechando que estas permiten representar (Pinto, 2011) de modo adecuado la interacción entre las variables de presión, volumen, temperatura y número de	No se utiliza ninguna herramienta digital en las actividades realizadas para estas ideas.
---	---	--	--	--

	veces que sean necesarias. Esto aporta a la superación de las dificultades relacionadas con la percepción a través del sistema sensorial de ideas abstractas como la presión (Rubio, 2013), pues el video le permite al estudiante tener evidencias de cómo actúa la presión de los gases en otros cuerpos. Luego, se considera útil el uso de dos animaciones (ubicadas en Actividad 1.2 Observando la presión de un gas) con la intención de dar la posibilidad a los estudiantes de explicar desde el nivel submicroscópico lo	herramienta para promover la construcción de una representación mental (Pinto, 2011) de dicha teoría y con ello, favorecer su comprensión. Es así como se busca afrontar las dificultades sobre la poca comprensión de los principales postulados de la teoría cinética de los gases que tienen los estudiantes, lo cual les impide usarla adecuadamente para explicar sucesos relacionados con los gases (Ibáñez & Gianna, 2012). Además, a través de esta herramienta, se puede aportar a la superación de	moléculas de los gases. En el caso de las Leyes de Boyle y Gay Lussac, se emplearon simuladores (ubicados en Continuación actividad 3.1 y Continuación actividad 3.3, respectivamente) que posibilitan evidenciar la relación entre las variables de presión-volumen y presión-temperatura, respectivamente. Estos simuladores, permiten que los estudiantes, además de construir su propia representación mental (Pinto, 2011) sobre la interacción de estas	
--	--	--	--	--

	observado en el video anterior, empleando la ventaja de dicho recurso para facilitar la construcción de representaciones mentales en los estudiantes (Pinto, 2011), que en este caso se busca que se hagan una idea en su mente sobre cómo se comportan las moléculas de los gases frente al cambio de ciertas condiciones (volumen y temperatura). De este modo, se afrontan las dificultades relacionadas con la percepción de ideas abstractas (Rubio, 2013) y se aporta a que los estudiantes superen la dificultad de aplicar los	concepciones alternativas como el considerar que las partículas en estado sólido se encuentran en estado de reposo; las moléculas de una sustancia en estado sólido o líquido no son iguales que las moléculas de la misma sustancia en estado gaseoso; y hacer posible al estudiante pasar de brindar explicaciones macroscópicas, a dar explicaciones desde el nivel microscópico (Candela, 2014a).	variables, modificar dichas variables para realizar procesos de indagación sobre la influencia de una variable sobre la otra, promoviendo así el desarrollo de ciertas prácticas científicas, como la observación y la recolección de datos, y posibilitando a los estudiantes vencer su dificultad para usar estas leyes en la interpretación de experimentos o experiencias de la vida cotidiana (Lin, Cheng & Lawrenz, 2000; Rubio, 2013). En la ley de Charles, se aprovecha un video (ubicado en Actividad 3.2 Relación entre el	
--	---	--	--	--

	conocimientos teóricos en la interpretación de situaciones del mundo macroscópico (Rubio, 2013). Así mismo, se contribuye a la construcción de un lenguaje común que permita entenderse entre todos utilizando la terminología científica adecuada, y se facilita la comprensión de la presión como una magnitud característica de un punto de un fluido (Martín-Sánchez et al., 2005).		Volumen y la Temperatura de un gas) como herramienta para mostrar una experiencia de la vida real, cuya explicación deriva de la relación entre la temperatura y el volumen de un gas. Luego, este video es complementado con una animación-gif (ubicada en Continuación actividad 3.2), que posibilita al estudiante comprender la interacción entre las variables de volumen y temperatura, a nivel submicroscópico, puesto que, representa el comportamiento de las partículas de un gas que es	
--	--	--	--	--

			calentado. Así, se busca la superación de la dificultad relacionada con la incapacidad de utilizar los conocimientos teóricos para interpretar situaciones de la vida real (Rubio, 2013). Para la ley de Avogadro, se utiliza una animación (ubicada en Continuación Actividad 3.4), que permite al estudiante construir un modelo mental acerca de cómo es la interacción entre las variables volumen y número de moléculas, facilitando con ello, la posible comprensión del	
--	--	--	---	--

			enunciado de dicha ley. Con todas estas herramientas se busca aportar a la superación de la falta de comprensión de los estudiantes acerca de estas variables y sus relaciones (Rubio, 2013), e igualmente a que ellos comprendan los conceptos químicos implícitos en cada una de las ecuaciones en las que se formulan estas leyes (Triana, 2012).	
	A continuación, se mencionan los procedimientos de enseñanza en los que se fundamentan las actividades diseñadas para el abordaje de cada una de las sub-ideas: Con respecto al modelo de enseñanza, se tomó el modelo conocido como <i>Ciclo de aprendizaje</i>, configurado en tres fases: exploración, introducción e implementación (Karplus & Thier, 1967), con el propósito de que los estudiantes vayan desarrollando y cargando de manera progresiva su memoria a corto y largo plazo (de acuerdo con el <i>Modelo de procesamiento de la información</i> de Johnstone (2006)); y además, que ellos continúen			

10. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso)⁹	desarrollando competencias específicas en cada una de dichas fases, como lo son las científicas y las lingüísticas. En concordancia con lo anterior, la estructuración lógica de las actividades de enseñanza del material se hizo de tal forma que permitiera el desarrollo de las fases que componen el ciclo de aprendizaje. Igualmente, considerando la importancia de los niveles de representación propuestos por Johnstone (2010) en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la química, se organizaron las actividades comenzando por aquellas relacionadas con el mundo macroscópico, para proseguir con las vinculadas al mundo submicroscópico, y finalmente llegar a la representación de estos dos mundos a nivel simbólico. Todo ello, con el fin de que el estudiante pueda diferenciar e integrar progresivamente los conocimientos generados en cada uno de estos niveles de representación (Johnstone, 2010), y de este modo comprender adecuadamente cada una de las sub-ideas sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso. Por otra parte, en relación a la organización del aula de clases, se plantea que sea estructurado de cuatro formas, de acuerdo con Tobin (1997): interacción con toda la clase, no interactiva, en pequeños grupos de discusión, y trabajo individual. Cabe mencionar que, las estructuras que se adopten en cada una de las actividades dependerán de la naturaleza de la idea a abordar y de la intención que se tenga con la clase. Lo anterior, se hace con el fin de que los estudiantes desarrollen y potencialicen sus habilidades en las distintas formas de trabajar, y también, para que estos reconozcan las diferentes maneras en que se construye el conocimiento. Conviene subrayar que, en la mayoría de las actividades, se plantea el uso de la estrategia del discurso dialógico (Candela, 2016a), con la cual se promueve la interacción entre los integrantes del aula de clases, bajo la orientación del docente, generando un proceso de retroalimentación entre todos. Con lo anterior, se pretende aportar al desarrollo de las competencias científicas y lingüísticas, al tener que acudir al uso del discurso, la retórica y a la expresión en público.
---	--

⁹Con este ítem se busca dar a conocer las teorías de enseñanza y aprendizaje bajo las cuales se realizó este diseño, y exponer el conocimiento didáctico que subyace a este material de enseñanza del contenido “Comportamiento de las sustancias en estado gaseoso”. Así, el docente puede elegir o tomar los elementos de este material que se ajusten a su conocimiento pedagógico y didáctico del contenido y al contexto, e incluir otros elementos que crea pertinentes, transformando de esta forma el diseño inicialmente propuesto.

También, en las actividades planteadas se hace un uso importante de la técnica de formular preguntas (prediseñadas o no) (Candela, 2016a), bajo la estrategia de la discusión. Esto le permite al docente realizar continuamente el monitoreo de nivel de comprensión y confusión de los estudiantes frente a los procedimientos e ideas abordadas (Candela, 2014b). Ahora bien, teniendo claro los procedimientos de enseñanza que se emplearon en el desarrollo de las actividades, a continuación se describen de manera específica los procedimientos que se utilizan para cada una de las actividades que conforman el material de enseñanza. Cabe aclarar que este material se organiza en 5 grandes actividades, donde cada una aborda una sub-idea. Estas grandes actividades cuentan con sus respectivas pequeñas actividades que permiten el logro de las metas de aprendizaje planteadas para cada sub-idea.				
Para el desarrollo de las actividades de esta sub-idea, primero se organiza la comunidad áulica en pequeños grupos de discusión, con el propósito de llegar a un consenso sobre las respuestas más acertadas para las preguntas planteadas acerca de una demostración observada en video. Posteriormente, la comunidad áulica se organiza de manera interactiva para socializar las	En esta actividad, primero se organiza a los estudiantes de manera interactiva, con la intención de leer y analizar comprensivamente un texto sobre la teoría cinética. Seguidamente, se estructura el aula en pequeños grupos de discusión, para que construyan un párrafo en el que expliquen lo que representa a nivel submicroscópico	En esta actividad, se plantea el desarrollo de pequeñas actividades para cada ley. De este modo, para la ley de Boyle y de Avogadro, se inicia con una actividad experimental que requiere la organización del aula en pequeños grupos de discusión para ser realizadas, y responder sus respectivas preguntas. Por su parte, para la ley de	En esta actividad es necesario que los estudiantes se organicen de manera interactiva, con la intención de leer comprensivamente el texto propuesto y logren comprender en conjunto lo que este presenta. Igualmente, se espera que de dicha lectura surjan dudas o aportes, con el deseo de propiciar un espacio para el	Para iniciar la actividad se requiere de una organización interactiva, para hacer la lectura comprensiva de un texto sobre el comportamiento de las mezclas de los gases, y con ello generar un espacio de discusión. Luego, se presenta una imagen que debe ser interpretada de modo individual, y sobre la cual deben responder una pregunta cuya respuesta debe ser socializada a todos, para ser complementada.

	respuestas construidas anteriormente y propiciar un espacio de retroalimentación. Luego, se organiza la comunidad áulica para trabajo individual, con la intención de evidenciar la capacidad de los estudiantes de observar y construir respuestas a partir de los elementos particulares presentados en dos animaciones. Nuevamente, se organiza a los estudiantes de manera interactiva, con el objetivo del leer y analizar comprensivamente	una imagen mostrada. Luego, se organiza el aula de manera interactiva para socializar los párrafos contruidos y propiciar un espacio de retroalimentación. Para finalizar con la actividad, se organiza de manera individual el aula, con el propósito de que los estudiantes respondan dos preguntas que permitan evidenciar el nivel de comprensión y confusión de cada uno de ellos, así como su capacidad para explicar fenómenos cotidianos con el	Charles se comienza con la organización de los estudiantes en estructura interactiva para observar un video, y luego en pequeños grupos de discusión para responder algunas preguntas al respecto. En el caso de la ley de Gay Lussac, se plantea inicialmente la lectura comprensiva de una historieta en una estructura de clase interactiva, para luego responder en pequeños grupos de discusión algunas preguntas sobre lo leído. Para continuar el desarrollo de las	diálogo y la confrontación de ideas. Por último, se trabaja en pequeños grupos de discusión para la resolución de algunos ejercicios, para así conocer cuál es el desarrollo conceptual y aptitudinal frente al trabajo realizado en clase de cada uno de los estudiantes, con la oportunidad de ser socializada a todos.	Para finalizar, se trabaja de manera individual la resolución de algunas preguntas, para conocer qué tanto se ha comprendido o no la idea abordada, cuyas respuestas deben ser socializadas para propiciar un espacio de retroalimentación.
--	---	---	--	---	--

	un texto sobre el barómetro. Finalmente, se organiza a la comunidad áulica nuevamente para trabajo individual, con el fin de que cada estudiante escriba un texto en el que brinde una explicación submicroscópica sobre cómo los gases ejercen presión, el cual debe ser leído a toda la clase, para recibir observaciones y recomendaciones por parte de la comunidad áulica.	contenido abordado. Dichas respuestas deben ser presentadas y sustentadas a toda la clase, con el fin de generar una retroalimentación entre todos.	pequeñas actividades, se propone la observación de animaciones y manipulación de simuladores que requieren de la estructuración del aula en pequeños grupos, los cuales además deben responder algunas preguntas al respecto. Para la finalización de cada una de las pequeñas actividades correspondientes a cada ley, se organiza el aula de manera interactiva, con el fin de realizar la aplicación de la idea desarrollada a partir de las dos etapas anteriores, mediante la		
--	---	--	--	--	--

			construcción de gráficas en las que plasmen las relaciones de proporcionalidad entre las variables de cada una de las leyes (Boyle, Charles, Gay Lussac y Avogadro). Conviene subrayar que todos los resultados obtenidos en cada una de las pequeñas actividades deben ser socializados a la comunidad áulica para generar espacios de retroalimentación.		
11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las herramientas digitales emplea con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y	<u>ACTIVIDAD 1 La presión en los gases.</u>	<u>ACTIVIDAD 2 Teoría cinética de los gases.</u>	<u>ACTIVIDAD 3 Leyes de los gases (Ley de Boyle, Ley de Charles, Ley de Gay-</u>	<u>ACTIVIDAD 4 Ley general de los gases ideales.</u>	<u>ACTIVIDAD 5 Ley de las presiones parciales.</u>

concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración?	Actividad 1.1. Introducción: Comportamiento de un globo dentro de una jeringa. Actividad 1.2. Observando la presión de un gas. Actividad 1.3. ¿Con qué instrumento se mide la presión atmosférica?	Actividad 2.1. Descripción de la teoría cinética. Actividad 2.2. Expliquemos una situación de la cotidianidad a partir de nuestro conocimiento sobre los gases (aplicación de la teoría cinética)	<u>Lussac, Ley de Avogadro).</u> Actividad 3.1. Relación entre el volumen y la presión de un gas. Actividad 3.2. Relación entre en volumen y la temperatura de un gas. Actividad 3.3. Relación entre la presión y la temperatura de un gas. Actividad 3.4. Relación entre la cantidad de gas y su volumen.	Actividad 4.1. ¿Cómo se relacionan las variables de presión, volumen, temperatura y número de moles de un gas? Actividad 4.2. Aprendamos a aplicar la ecuación de los gases ideales. Actividad 4.3. Apliquemos lo aprendido (aplicación de la ecuación general de los gases ideales).	Actividad 5.1. ¿Cómo se comportan las mezclas de los gases? Actividad 5.2. Apliquemos lo aprendido sobre las mezclas de los gases (aplicación de la Ley de las presiones parciales)
12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los estudiantes emplea alrededor de esta idea?	La evaluación es continua y formativa para que se vaya construyendo, de manera significativa, el conjunto de conocimientos en relación a las sub-ideas abordadas en la clase. Además, este tipo de evaluación, permite generar un proceso de monitoreo por parte de los integrantes de aula de clases, de tal manera que se conozca y evalúe el nivel de comprensión y confusión sobre las ideas abordadas. Todo esto, con el fin de facilitar la mutua retroalimentación a partir de la confrontación de ideas entre pares y el docente.				

En concordancia con lo anterior, en el desarrollo de cada una de las sub-ideas se plantearon una serie de preguntas que deben ser respondidas de acuerdo a lo observado, discutido y socializado en la clase. Ahora bien, la manera de responderlas es de forma escrita y oral; haciendo énfasis en la manera de estructurar las ideas en un texto y la forma de expresarlas, ya que estas competencias son consideradas como fundamentales en la formación de todo individuo. Igualmente se evalúa el desempeño en los espacios de discusión que se presentan, tanto en pequeños grupos como entre todo el colectivo áulico. Por otra parte, las actividades se abordaron en primer lugar desde un nivel macroscópico, es decir, donde se deba hacer una descripción de fenómeno presentado. En segundo lugar se pasará al nivel submicroscópico, donde ya se dará las explicaciones de lo antes descrito. Y por último, el nivel simbólico en el que se construye la representación de las ideas. Además, al finalizar el desarrollo de estas ideas, se propone a los estudiantes realizar un mapa conceptual, el cual tiene la finalidad de evidenciar la capacidad de los estudiantes de estructurar y representar de manera gráfica lo aprendido sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso. A continuación, se expone de manera específica la manera de evaluar los aprendizajes en el abordaje de cada una de las sub-ideas.				
En la primera etapa de la actividad, inicialmente, se evaluará a partir de dos preguntas prediseñadas que deberán ser respondidas en pequeños grupos de discusión; con el fin de conocer el nivel del desarrollo de las competencias	En la primera etapa de esta actividad se utilizara un texto sobre la Teoría Cinética, para evaluar, primero, el nivel de comprensión de lectura, y segundo, la capacidad de escucha de los	En la etapa inicial de las sub-actividades diseñadas para cada ley, se realizarán actividades experimentales (en el aula de clases) en relación a las leyes de Boyle y de Avogadro; y en la etapa intermedia de	En la primera etapa de la actividad, se evaluará la habilidad para leer y comprender un texto en relación a lo conceptual de la sub-idea, y la habilidad para expresarse en público, a través de la lectura en	En la primera etapa de la actividad, se presentará un texto y una imagen en relación al contenido conceptual de la sub-idea, con la intención de evaluar, primero, la habilidad para leer y comprender un texto en relación a lo conceptual de la sub-idea, y la habilidad para expresarse en público, a

	científicas (observar, describir, explicar, hipotetizar...) y lingüísticas (leer, escribir, hablar, escuchar.); así como la disposición para el trabajo en grupo. Ahora bien, las competencias científicas, lingüísticas y el nivel de comprensión y confusión de los estudiantes, también se evaluarán a partir de la socialización de las respuestas construidas para determinadas preguntas, ya sea individual o grupalmente, promoviendo con ello, un espacio de retroalimentación.	estudiantes. En la segunda etapa, de acuerdo a lo expuesto en el texto, y ahora teniendo el apoyo de una imagen sobre dicha teoría, se evaluará la capacidad de observación y explicación de la relación entre lo leído y lo presentado por la imagen. Esto se realizará mediante la construcción de un texto. Ahora, en la última etapa, a través de dos preguntas que se deberán responder de manera individual y escrita, se evaluará la comprensión de la	cada sub-actividad se realizará la manipulación de un simulador y la observación de una animación, respectivamente, frente a todo lo cual los estudiantes deberán solucionar algunas preguntas con las que se busca evaluar su nivel comprensión y confusión frente a dichas leyes, así como también con el desarrollo de estas etapas se evaluará su desarrollo de las competencias científicas como observar, describir, explicar, hipotetizar. En relación a las leyes de Charles y Gay Lussac, en la	voz alta de un texto para toda la comunidad áulica. En la segunda etapa, a partir de unos ejercicios propuestos, se evaluará el nivel de comprensión o confusión de los estudiantes, así como su capacidad de aplicar en otras situaciones de la sub-idea desarrollada.	través de la lectura en voz alta de un texto para toda la comunidad áulica. Segundo, se evaluará través de una pregunta, la capacidad de los estudiantes de relacionar lo expuesto en el texto con lo presentado en la imagen. Con ello, claramente se puede conocer el nivel de comprensión o confusión que estos presenten al respecto. En la segunda etapa, se evaluará a partir de una serie de ejercicios prediseñados, el nivel de comprensión o confusión de los estudiantes, así como su capacidad de aplicar en otras situaciones de la sub-idea desarrollada.
--	---	--	--	---	---

	Ahora bien, en la segunda etapa de la actividad, se evaluará a través de cuatro preguntas prediseñadas que deben ser respondidas de manera escrita e individual, la capacidad de observación de los estudiantes sobre el fenómeno presentado por la animación; así como sus aptitudes para la explicación y descripción de lo observado. Finalmente, en la tercera etapa de la actividad, se evaluará a través de un texto escrito, el nivel de comprensión de la sub-idea desarrollada, e igualmente de las	sub-idea desarrollada al observar la capacidad de los estudiantes de explicar situaciones cotidianas donde se involucra dicha sub-idea. En el desarrollo de las etapas de esta actividad, también se realizará el proceso de retroalimentación como una forma de evaluación.	etapa inicial se plantea la observación y comprensión de un video y una historieta, respectivamente, y en la etapa intermedia se propone la observación de una animación gif y la manipulación de un simulador, correspondientemente, de todo lo cual los estudiantes deberán resolver preguntas con las que se evaluará su nivel comprensión y confusión frente a dichas leyes, así como también se evaluará el desarrollo de las competencias científicas observar, describir, explicar,		
--	--	--	---	--	--

	competencias lingüísticas de los estudiantes.		hipotetizar. En el desarrollo de la última etapa de todas las sub-actividades, los estudiantes deberán realizar recolección de datos y elaboración de gráficas que representen la relación proporcionalidad entre las variables de acuerdo a la ley con la que se esté trabajando. Todo esto, permite evaluar las competencias y prácticas científicas de los estudiantes, y el nivel de comprensión y confusión de estos. Conviene mencionar que en		
--	---	--	---	--	--

			las etapas inicial e intermedia se utilizan preguntas prediseñadas con las que se evalúa el nivel de comprensión o confusión de los estudiantes sobre la sub-idea, tanto a nivel macro, submicro y simbólico, y se evalúa el desarrollo de la escritura mediante los párrafos escritos para responder dichas preguntas. Igualmente se harán los procesos de retroalimentación como una manera de evaluación.		
--	--	--	--	--	--

Fuente: Adaptado y ajustado por Candela bajo el marco del curso *Problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química* de la Universidad del Valle en el 2015, desde Loughran et al. (2006).

4.2. MATERIALIZACIÓN EN UN FORMATO DIGITAL DE LA TEORÍA DE DOMINIO ESPECÍFICO SOBRE LA ENSEÑANZA DEL CONTENIDO COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS EN ESTADO GASEOSO.

La teoría de dominio específico que configura la ReCo informó el proceso de desarrollo de la página web (<http://lina-gina-gases.webcindario.com/>) que representa el material de enseñanza sobre el contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*. En este sentido, en dicha página se abordan las cinco sub-ideas que se encuentran en el centro del contenido en cuestión. Es por ello que el material se encuentra organizado en 5 actividades de aprendizaje en las que hace uso de demostraciones, simuladores, animaciones, imágenes, lecturas, preguntas, ejercicios y actividades experimentales, con la intención de hacer más comprensible cada una de estas sub-ideas a los estudiantes, promover el desarrollo en ellos de prácticas científicas y competencias lingüísticas comunicativas, aportar a su desarrollo del esquema de la proporcionalidad directa e inversa, así como también favorecer el alcance de las metas propuestas por el currículo prescrito.

Conviene mencionar que a lo largo de todo el proceso de diseño del material de enseñanza, incluida su materialización, se procuró mantener una coherencia intracurricular, es decir, una alineación entre los siguientes aspectos: estándares básicos de competencias, conjunto de ideas que configuran el contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, metas de aprendizaje, dificultades/limitaciones y concepciones alternativas, estrategias de enseñanza, actividades de aprendizaje y evaluación, entre otros.

CONCLUSIONES

Después de haber finalizado el proceso de diseño del material de enseñanza sobre el contenido, *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, es pertinente manifestar el conjunto de conclusiones que se han obtenido a partir de la presente investigación. Para ello, se toman en cuenta los siguientes aspectos: el problema de investigación, los propósitos, la metodología empleada en el proceso de diseño del material de enseñanza y los resultados logrados. En este sentido, a continuación se presentan las principales conclusiones que han surgido a través del proceso de diseño llevado a cabo en esta investigación.

Tomando en consideración el problema formulado, este estudio permitió el desarrollo de un material de enseñanza, que presenta como característica clave la coherencia intracurricular. De hecho, en este se encuentran articulados de manera sinérgica elementos de la enseñanza, tales como: el conjunto de ideas que configuran el contenido abordado; metas de aprendizaje; dificultades/limitaciones y concepciones alternativas; estrategias de enseñanza: formas de representar, formular y gestionar la enseñanza; evaluación formativa del contenido. Naturalmente, dicha situación se alcanzó gracias a que se utilizó de manera consciente el conjunto de teorías de orden general e intermedio provenientes del campo de la educación, que se encuentran alineadas con la enseñanza del contenido *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*. Desde luego, esto también ha permitido ayudar a comenzar a superar la ruptura existente entre las teorías y la práctica del diseño de materiales de enseñanza.

En cuanto al aspecto metodológico en esta investigación se destaca el uso de la ReCo como instrumento metodológico que orienta el proceso de diseño de materiales de enseñanza, a partir de la guía que este brinda en la generación de teorías de dominio específico, mediante una serie de interrogantes a los que el diseñador debe dar respuesta a partir de una reflexión constante e informada, de modo que posibilita el enriquecimiento del conocimiento pedagógico del contenido y la toma de decisiones curriculares y de enseñanza fundamentadas. De esta forma, se llega a la conclusión que dicho instrumento para el diseñador es una estrategia apropiada para formular y documentar las teorías de dominio específico sobre la enseñanza del contenido, *comportamiento de las sustancias en estado gaseoso*, siendo estas teorías las encargadas de orientar la forma de cómo diseñar y desarrollar un material de enseñanza con coherencia curricular, al articular de manera efectiva y eficiente cada uno de los elementos de la enseñanza del contenido en cuestión.

En relación a los resultados obtenidos en la investigación, se concluye que la construcción de una teoría de dominio específico y su continuo refinamiento posibilita comprender de mejor manera las implicaciones del proceso de enseñanza-aprendizaje del contenido que se desarrolle. Convirtiéndose con ello, en uno de los grandes aportes del diseño de la enseñanza, ya que estas teorías son el resultado de la interacción sistémica entre las teorías proporcionadas por las investigaciones del campo de la educación (teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño instruccional y la literatura en educación en ciencias), que sustenta la toma de decisiones curriculares y de enseñanza en el diseño de materiales de enseñanza.

En cuanto a la materialización en formato digital de la teoría de dominio específico sobre la enseñanza del contenido, *comportamiento las sustancias en estado gaseoso*, se evidencia que sí existe la posibilidad real de construir materiales de enseñanza informados por la construcción teórica y metodológica del campo de la educación, atribuyéndoles así coherencia intracurricular, factor importante para el desarrollo y la comprensión de los contenidos o ideas abordadas en las aulas de ciencias. Además, la utilización de las herramientas soportadas por Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) aportan de manera importante en la enseñanza y aprendizaje de contenidos caracterizados por su alto nivel de abstracción, como lo son las sustancias en estado gaseoso, al permitir representar las entidades y procesos que subyacen a su comportamiento a nivel submicroscópico.

Finalmente, se logra concluir que la realización de este tipo de investigaciones es altamente enriquecedora en cuanto a la formación inicial del docente, debido a que le permite comenzar a reflexionar acerca de la importancia de recurrir a los desarrollos teóricos y metodológicos del campo de la educación, y apoyar su práctica en el aula en estos. Así mismo, lo anterior hace posible que el conocimiento pedagógico del contenido del docente en formación inicial comience a desarrollarse sin haber ejercido formalmente su profesión aún, al tener que afrontar dificultades propias de la práctica del diseño de un material de enseñanza sobre un contenido particular. En este sentido, se evidencia la importancia de promover la práctica del diseño en los programas de formación de los educadores en ciencias, la cual hace parte de los quehaceres a los que un docente debe enfrentarse en su práctica profesional educativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abell, S., Appleton, K., & Hanuscin, D. (2010). *Designing and teaching the elementary science methods course*. New York and London: Routledge Taylor & Francis Group.
- Agudelo, E. (2015) *Diseño de una secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en investigación sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia* (Tesis de maestría). Universidad Del Valle, Cali, Colombia.
- Alzaghibi, A. (2010). *Instructional Design: Development, implementation and evaluation of a teaching sequence about plant nutrition in Saudi* (Tesis doctoral). The University of Leeds School of Education, Leeds, Inglaterra.
- Azar, G. (Coord.). (2012). *Metas de aprendizaje: niveles inicial, primario y secundario de las escuelas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*. 1a ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Barab, S. A. (2006). Design-Based Research: A methodological toolkit for the learning sciences. En Sawyer, K. (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 153-169). Cambridge: Cambridge University Press.
- Barriga, F. (2002). Capítulo 5: Estrategias de enseñanza para la promoción de aprendizajes significativos. En Barriga, F. & Hernández, G. *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: Una interpretación constructivista*. 2a ed. (pp. 137-229). México: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A.
- Bermúdez, J. (2010). El diseño de la instrucción a la luz de las teorías de aprendizaje. *Revista electrónica semestral Visor Pedagógico UPN*, 1(0), 102-118.
- Bertram A. & Loughran, J. (2012). Science teachers' views on CoRes and PaP-eRs as framework for articulating and developing pedagogical content knowledge. *Research in Science Education*, 42, 1027-1047.
- Brown, A. L. (1990). Domain-specific principles affect learning and transfer in children. *Cognitive science*, 14(1), 107-133.
- Caamaño, A. (2010). *Didáctica de la física y química. Formación del profesorado. Educación secundaria*. Barcelona: Editorial Graó.

- Cabezas, Y. (2016). *Diseño de una propuesta de enseñanza para la inclusión de conocimiento científico de actualidad*. (Trabajo de grado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Candela, B. (2014a). ¿Por qué es difícil aprender química en la educación secundaria? En Candela, B. & Viafara, R. *Aprendiendo a enseñar química*. Cali: Universidad del Valle.
- Candela, B. (2014b). El aprendizaje de las ciencias: una transacción de significados y formas de significar En Candela, B. & Viafara, R. *Aprendiendo a enseñar química*. Cali: Universidad del Valle.
- Candela, B. (2016a). *La ciencia del diseño educativo*. Cali: Universidad del Valle.
- Candela, B. (2016b). El diseño de la CoRe: Una estrategia para iniciar la identificación, explicitación y desarrollo del CTPC de la química en profesores en formación. *Revista Boletín Redipe*, 5(9), 146-167.
- Candela, B. & Viafara, R. (2014). *Aprendiendo a enseñar química*. Cali: Universidad del Valle.
- Carmona, V. & Díaz, C. (2013). *Una propuesta de material didáctico (juego de mesa) que favorece el proceso de enseñanza aprendizaje de la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud humana*. (Trabajo de grado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Chang, R. (1992). *Química*. 1ra ed. en español. México: Mc Graw Hill.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Confrey, J. (2006). The evolution of design studies as methodology, En Sawyer, R. (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 135-152). Nueva York: Cambridge University Press.
- Delval, J. (2001). Hoy todos son constructivistas. *Revista Educere*, (15), 353-359.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational enquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Dickerson, R., Gray, H., Darensbourg, M. & Darensbourg, D. (1993). *Principios de química*. 3a ed. Barcelona: Reverté S.A.

- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. En Dillon, J. & Jorde, D. (Eds.). *The world handbook of science education – Handbook of research in Europe* (pp13-37). Taipei: Sense Publisher.
- Ertmer, P & Newby, T. (1993). Conductismo, cognitivismo y constructivismo: una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción. *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), 50-72.
- Etxaniz, M. & Santos, M. (2005). Unidad Didáctica para el Estudio de los Gases: Combinación de una Propuesta Constructivista con el Uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-7.
- Furió Más, C., y Furió Gómez C. (2009). *¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socio constructivista?* 8ª Convención Nacional y 1ª Internacional de profesores de ciencias naturales. Conferencias plenarias. Educación Química. Junio de 2009. 246-251.
- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A look to the future. Chemical Education Research. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
- Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamati, N., & Morales, M. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales: un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de las ciencias*, 21(1), 107-121.
- García, A., & Garritz, A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: el estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, 24(1), 111–124.
- Gardner, H. (2001). *Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples*. 6a reimpresión. Bogotá: Fondo de Cultura Económica.
- Godino. J., Batanero, C., Contreras, A., Estepa, A., Lacasta, E., Wilhelmi, M. (2013) *La ingeniería didáctica como investigación basada en el diseño*. Universidad de Granada; Universidad de Jaén; Universidad Pública de Navarra.

- Gómez, J. (2012). *Diseño de una unidad didáctica como estrategia para abordar la enseñanza - aprendizaje de las leyes de los gases ideales en el grado 11 de la I.E INEM "José Félix de Restrepo"*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Harle, W. (Ed.). (2012). *Principios y grandes ideas de la educación en Ciencias*. Academia Chilena de Ciencias.
- Hill, J. & Kolb, D. (1999). *Química para el nuevo milenio*. 8a ed. México: Prentice Hall.
- Hume, A. & Berry A. (2013). Enhancing the Practicum Experience for Pre-service Chemistry Teachers through Collaborative CoRe Design with Mentor Teachers. *Research in Science Education*, 43, 2107-2136.
- Hume, A. (2010). CoRes as Tools for Promoting Pedagogical Content Knowledge of Novice Science Teachers. *Chemistry Education in New Zealand*, 119, 13-19.
- Ibáñez, F., & Gianna, V. (2012). La teoría cinética molecular y el aprendizaje de la Química. *Revista Educación Química*, 208-211.
- Johnstone, A. (1982). Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Johnstone, A. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 49-63.
- Johnstone, A. (2010). You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 22-29.
- Kane, J. & Sternheim, M. (2000). *Física*. 2a ed. en español. Barcelona: Reverté S.A.
- Karplus, R. & Their, H. (1967). A new look elementary school science. *Science curriculum improvement study*. Chicago, IL: Rand McNally.
- Kattmann, U., Duit, R., GropengieBer, H., & Komorek, M. (2005). Towards Science Education that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. En Fischer Hans E. (Hrs.). *Developing Standars in Research on Science Education* (pp. 1-9). London: Taylor & Francis.
- Kelly, A. (2003). Research as design. *Educational Researcher*, 32(1), 3-4.

- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Concepciones alternativas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México: Santillana.
- Leach, J., Ametller, J., & Scott, P. (2009). The relationship of theory and practice in designing, implementing and evaluating teaching sequences: learning from examples that don't work. *Education & Didactique*, 139-161.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- Lin, H., Cheng, H. & Lawrenz, F. (2000). The Assessment of Students and Teachers' Understanding of Gas Laws, *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235-238.
- Loughran, J., Berry, A. & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. En Gess-Newsome, J. & Lederman, N. (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95–132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Martín-Sánchez, M., Martín-Sánchez, M. T., Morcillo, J., Salgado, G., Silva, R., & Navarrete, J. (2005). Análisis de las dificultades que enfrentan los estudiantes en relación a la enseñanza del tema los efectos de la presión Atmosférica. *Revista Educación Química*, 167-183.
- Ministerio de Educación Nacional (2004). *Estándares Básicos de Competencias en ciencias naturales y ciencias sociales*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Mishra, P. & Koehler, M. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017– 1054.
- Moreira, A (2012). *Investigación en educación en ciencias: métodos cualitativos*. Texto de apoyo, 14, Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, España. UFRGS, Departamento de Física, Porto Alegre, Brasil.

- Morine-Dersheimer, G. & Kent, T. (1999). The Complex Nature and Source of Teachers' Pedagogical Knowledge. En Gess-Newsome, J. y Lederman, N. (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 21-50). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Mulhall, P., Berry, A. & Loughran, J. (2003). Frameworks for representing science teachers' pedagogical content knowledge. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 4(2), 1–25.
- Nash, L. (1966). The atomic molecular theory. En I. J. (Ed.), *Harvard case histories in experimental science* (pp. 215-321). New York: Harvard University Press.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press.
- Nolasco, M. (2006). (20, 09, 2016). *Estrategias de enseñanza en educación*. Recuperado de: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n4/e8.html>
- Phye, G. (1997). *Handbook of academic learning: Construction of knowledge*. Ames: Academic Press.
- Pintó, R. (2011). Las tecnologías digitales en la enseñanza de la Física y de la Química. En Caamaño, A. *Didáctica de la Física y la Química* (pp. 169-186). Barcelona: Graó.
- Pozo, J. (2009) *Aprender y enseñar ciencias: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. 6ta ed. Madrid: Ediciones Morata, S.L.
- Pozo, J., Gómez, M., Limón, A. & Sanz, S. (1991). *Procesos Cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: Las Ideas de los Adolescentes sobre la Química*. Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia.
- Reimann, P. (2011). Design-based research. En Markauskaite, L., Freebody, P. & Irwin, J. (Eds.). *Methodological choice and design* (pp. 37-50). Netherlands: Springer.
- Roosvelt, P. (2016). *Diseño de una progresión de aprendizaje hipotética con coherencia curricular para la enseñanza de la estequiometría por comprensión conceptual e integrada*. (Tesis de maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia.

- Rubio, E. (2013). *Los mapas conceptuales como estrategia para la enseñanza - aprendizaje de los gases*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Ruiz, D. (2016). *El diseño de la “CoRe”: una estrategia metodológica para iniciar la identificación, explicitación y desarrollo del CPC de un profesor de básica primaria sobre el núcleo conceptual de la nutrición humana*. (Tesis de maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Ruthven, K., Laborde, C., Leach, J. & Tiberghien, A. (2009). Design tools in didactical research: Instrumenting the epistemological and cognitive aspects of the design of teaching sequences. *Educational Researcher*, 38(5), 329-342.
- Sandoval, W., & Bell, P. (2004). Design-based research methods for studying learning in context: introduction. *Educational Psychologist*, 39(4), 199-201.
- Schmidt, W., Wang, C. & Mcknight, 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.
- Sears, F. & Salinger, G. (1980). *Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística*. 2a ed. Barcelona: Reverté S.A.
- Shavelson, R. & Towne, L. (2002). *Scientific research in education*. Washington, DC: National Academy Press.
- Shulman, L. (2001). Appreciating good teaching: A conversation with Lee Shulman. *Educational Leadership*, 58(5), 6-11.
- Shwartz, Y., Weizman, A., Fortus, D., Krajcik, J., & Reiser, B. (2008). Middle School Science Curriculum: Coherence as Design Principle. *The Elementary School Journal*, 109(2), 199-219.
- Tobin, K. (1997). The teaching and learning of elementary science. En Phye, G. (Ed). *Handbook of academic learning: Construction of Knowledge* (pp. 369-403). Ames: Academic Press.

- Triana, M. (2012). *Propuesta experimental aplicada al aula para la enseñanza del tema de gases*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. & Nieven, N. (2006). Introducing Educational Design Research. *Educational Design Research*, 1, 3-7.
- Villar, F. (Coord.). (2003a). Capítulo 5: El enfoque constructivista de Piaget. En Villar, F. (Coord.). *Psicología evolutiva y psicología de la educación*. (pp. 262-306). Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Villar, F. (Coord.). (2003b). Capítulo 7: Las perspectivas contextual y sociocultural. En Villar, F. (Coord.). *Psicología evolutiva y psicología de la educación*. (pp. 375-422). Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Wiley, D. (2015). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. Utah State University.
- Willis, C. (1995). *Resolución de problemas de química general*. 1ra Ed en español. Barcelona: Reverté S.A.
- Zambrano, A., Salazar, T., Candela, B. & Villa, L. (2013). Las líneas de investigación en educación en ciencias en Colombia. *Revista EDUCyT*, 7, 78-109.

ANEXOS

Anexo 1. Adaptación de instrumento metodológico ReCo (Representación del contenido)

IDEAS/CONCEPTOS IMPORTANTES EN CIENCIAS			
	Idea No. 1	Idea No. 2	Idea No. 3
1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?			
2. ¿Por qué es importante que los alumnos sepan esta idea?			
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus alumnos)?			
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?			
5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?			
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?			
7. ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?			
8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea?			
9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utilizas para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño?			
10. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea)			
11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?			
12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?			

Fuente: Adaptado y ajustado por Candela bajo el marco del curso *Problemas de la enseñanza y aprendizaje de la química* de la Universidad del Valle en el 2015, desde Loughran et al. (2006).

Anexo 2. Caracterización del software eXe-Learning (versión 2.1.1)

a. ¿Qué es?

Es una herramienta de código abierto (open source) que facilita la creación de contenidos educativos sin necesidad de ser experto en HTML o XML. Se trata de una aplicación multiplataforma que nos permite la utilización de árboles de contenido, elementos multimedia, actividades interactivas de autoevaluación... facilitando la exportación del contenido generado a múltiples formatos: HTML, SCORM, IMS, etc.

b. Información técnica

- Editor de recursos en XHTML.
- Open Source.
- Desarrollado en Python.
- Los objetos de aprendizaje creados pueden ser creados y reproducidos con cualquier navegador web (IE, Firefox, Chrome, Opera, Safari,...).
- Es una aplicación multiplataforma, capaz de funcionar en Linux, Windows y MacOS.
- Permite exportar los recursos en diferentes formatos:
 - Common Cartridge.
 - IMS.
 - SCORM.
 - Sitio Web.
- Los contenidos generados pueden ser incluidos en los LMS más extendidos, como Moodle y Sakai.
- No es una herramienta para generar PDFs, aunque sí que es posible obtenerlos de forma sencilla. Su correcta creación dependerá del estilo usado.