



**DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN DEL TÓPICO
“TRANSFORMACIONES FÍSICAS DE LAS SUSTANCIAS”**

**DORA AMELIA URBANO ORDOÑEZ
FARIDY RIVAS OSPINA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE PEDAGOGÍA
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN- ÉNFASIS ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS
CALI-VALLE
2017**



**DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN DEL TÓPICO
“TRANSFORMACIONES FÍSICAS DE LAS SUSTANCIAS”**

DORA AMELIA URBANO ORDOÑEZ

FARIDY RIVAS OSPINA

Mg Boris Fernando Candela Rodríguez

Director De Tesis

UNIVERSIDAD DEL VALLE

INSTITUTO DE PEDAGOGÍA

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN- ÉNFASIS ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

CALI-VALLE

2017

Santiago de Cali, 17 de noviembre de 2017

Nota de Aceptación

Director

Jurado

Jurado

A Dios, por habernos ayudado, estando a nuestro lado en los momentos más difíciles como símbolo de amor e infinita bondad hacia cada una de nosotras,

A nuestros hijos, padres, esposo, estudiantes, compañeros de trabajo, y directivos docentes, quienes nos excusaron comprensivamente cuando nos ausentamos para lograr esta importante meta, la cual nos permite cualificarnos para llevar a cabalidad nuestra labor docente, y aportar al mejoramiento de la calidad de la educación.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a Nuestro padre celestial por brindarnos sabiduría, salud, fortaleza, por iluminar nuestra mente y nuestro corazón para el logro nuestros objetivos.

Al Ministerio de Educación Nacional, le agradecemos por posibilitarnos fortalecer nuestro proceso académico a través del programa *Becas para la Excelencia Docente*, que contribuye al mejoramiento de la calidad educativa.

A la Universidad del Valle, le damos las gracias por habernos permitido adquirir nuevos conocimientos que nos llevan a fortalecer nuestra formación personal y profesional.

A la Comunidad Educativa de la Institución Ateneo, le expresamos nuestro agradecimiento porque han demostrado su compromiso y entrega en busca de su filosofía “calidad y excelencia educativa”

A los docentes del programa académico, les agradecemos mucho por compartir sus saberes y orientaciones durante este arduo proceso. De manera personal queremos dar gracias a nuestro director de tesis Boris Fernando Candela, quien nos brindó todo su potencial profesional, gran disposición y paciencia, permitiéndonos culminar este trabajo de grado con éxito.

Especialmente, agradecemos a nuestros familiares, pues son los pilares fundamentales en nuestra vida, quienes nos rodearon con su apoyo incondicional, gracias por su paciencia y fortaleza al permanecer a nuestro lado en cada adversidad y alegría.

Para finalizar, agradecemos con mucho cariño a cada uno de los estudiantes de la Institución Educativa Ateneo, pues son ellos el motor y la razón de ser de nuestra labor educativa.

Que Dios les bendiga.

Dora Amelia Urbano Ordoñez y Faridy Rivas Ospina

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.2. ANTECEDENTES.....	14
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA.....	23
2.1. ESTUDIO DE DISEÑO EDUCATIVO	23
2.1.1. <i>Características del estudio de diseño educativo.</i>	24
2.1.2. <i>Principios del diseño de un material de enseñanza.</i>	25
2.1.3. <i>Principios de la implementación del diseño de un material de enseñanza.</i>	26
2.2. COHERENCIA CURRICULAR COMO PRINCIPIO DE DISEÑO	27
2.2.1. <i>Clases de coherencia.</i>	28
2.2.1.1. <i>Coherencia intercurricular.</i>	28
2.2.1.2. <i>Coherencia intracurricular.</i>	29
2.3. TEORÍAS DEL APRENDIZAJE	29
2.3.1. <i>Teoría cognitiva.</i>	29
2.3.2. <i>Teoría sociocultural.</i>	31
2.3.3. <i>Teoría del Procesamiento de la información.</i>	32
2.4. PEDAGOGÍA GENERAL	33
2.4.1. <i>Rutinas.</i>	34
2.4.2. <i>Técnicas.</i>	36
2.4.3. <i>Estrategias.</i>	38
2.4.4. <i>Modelos de enseñanza.</i>	41
2.4.4.1. <i>El ciclo de aprendizaje</i>	41
2.5. TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO	42
2.6. TEORÍAS DE DISEÑO DE ENSEÑANZA POR COMPRESIÓN.....	43
2.6.1. <i>Principios teóricos para el diseño de un material de enseñanza por comprensión.</i> ...	44
2.6.1.1. <i>Tópicos generativos.</i>	45
2.6.1.2. <i>Metas por comprensión.</i>	46
2.6.1.3. <i>Desempeños por comprensión.</i>	46
2.6.1.4. <i>Hilos conductores.</i>	47

2.6.1.5. Evaluación formativa.....	48
2.6.2. Niveles de la comprensión.....	48
2.7. APORTES DE LA LITERATURA DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS	50
2.7.1. Dificultades e ideas alternativas del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”.....	50
2.7.2. Niveles de representación en química: La diferenciación e integración de los tres niveles de la Química	53
CAPÍTULO III. HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS	56
3.1. HIPÓTESIS	56
3.2. OBJETIVOS.....	56
3.2.1. Objetivo general.....	56
3.2.2. Objetivos específicos	57
3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	57
3.3.1. Metodología de investigación.....	57
3.3.2. Análisis de datos.....	58
3.3.2.1. Primera fase: análisis documental.....	59
3.3.2.2. Segunda fase: análisis de datos para el diseño de un material de enseñanza por comprensión.....	63
CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	69
4.1. MARCO METODOLÓGICO PARA EL DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN.....	69
4.2. TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO PARA LA ENSEÑANZA DEL TÓPICO TRANSFORMACIONES FÍSICAS DE LAS SUSTANCIAS	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS.....	106

RESUMEN

Este trabajo de investigación aborda el diseño de un material de enseñanza sobre el tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, direccionado por las teorías de la enseñanza por comprensión (EpC). Cabe mencionar que, dicho diseño se caracteriza por presentar coherencia curricular, al vincular las teorías educativas a la práctica del diseño de materiales de aprendizaje de tópicos específicos, brindando así la oportunidad a los estudiantes de grado quinto, de comprender conceptualmente el tópico bajo consideración. Para tal efecto, se empleó la metodología de análisis documental, la cual permitió indagar el cuerpo de conocimientos que configura a un conjunto de teorías de naturaleza general y específica, a saber: teorías del aprendizaje, pedagogía general, teorías de diseño de la enseñanza y la literatura de educación en ciencias. De esta forma, se obtuvieron como resultados, la formulación de un conjunto de teorías de dominio específico para la enseñanza por comprensión del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, y el respectivo diseño de un conjunto de actividades que componen el material de enseñanza, informado a partir de dichas teorías. Se concluye que las teorías de la enseñanza por comprensión son de gran utilidad para diseñar materiales de aprendizaje con coherencia curricular, puesto que orienta apropiadamente el proceso de formulación de las teorías de dominio específico para el desarrollo de la comprensión conceptual e integrada del tópico en cuestión.

Palabras claves: Diseño de materiales de aprendizaje; Coherencia curricular; Enseñanza por comprensión; Teorías de dominio específico; Transformaciones físicas de las sustancias.

ABSTRACT

This research deals with the design of a teaching material on the generative topic "Physical transformations of the substances", addressed by theories of teaching for understanding. It is worth mentioning that this design is characterized by curriculum coherence, linking educational theories to the practice of designing learning materials of specific topics, thus providing the opportunity for fifth graders to conceptually understand the topic under consideration. For this purpose, the methodology of documentary analysis was used, which allowed to investigate the body of knowledge that configures to set of general and specific theories, namely: learning

theories, general pedagogy, theories of instructional design and literature in science education. In this way, we obtain as a result, the formulation of a set of specific domain theories on the teaching for understanding of the topic "Physical transformations of the substances", and the respective design of a set of activities that make up teaching material, informed by these theories. It is concluded that the theories of teaching for understanding are very useful to design learning materials with curriculum coherence, since they appropriately guide the process of formulating the specific domain theories for the development of conceptual and integrated understanding the topic in question.

Keywords: Learning materials design; Curriculum coherence; Teaching for understanding; Specific domain theories; Physical transformations of the substances.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la línea de investigación de los estudios del diseño de tópicos específicos, han evidenciado que un alto número de materiales de enseñanza que circulan en la escuela no están ayudando a los estudiantes a construir una comprensión de un fenómeno natural. Probablemente, esta situación se da como consecuencia a que dichos materiales son diseñados por expertos de las ciencias, quienes presentan un buen nivel disciplinar (ej., química, física y biología), sin embargo, no tienen un conocimiento pedagógico específico a la disciplina particular. En otras palabras, los diseñadores de estos materiales apoyan la toma de decisiones curriculares y metodológicas sólo en aspectos empíricos y disciplinares, sin considerar el componente pedagógico que debe ayudar a sustentar la hipótesis de aprendizaje bajo consideración (Schmidt, Wang & McKnight, 2005).

Fortus y Krajcik (2012) argumentan que la anterior situación hace que los materiales de enseñanza diseñados desde esa perspectiva les falta coherencia curricular. De ahí que, ellos consideren que este es uno de los aspectos causantes de la débil comprensión de los tópicos alcanzada por los estudiantes en las aulas de ciencias.

Por todo esto, en la línea de investigación de los estudios de diseño han emergido una serie de perspectivas de diseño de materiales de enseñanza, entre la que se destaca el diseño de la enseñanza por comprensión de Perkins y Unger (1999), la cual direcciona el diseño y desarrollo de materiales de enseñanza con coherencia curricular. Naturalmente, que a este proceso de diseño lo sustentan un conjunto de teorías de dominio específico, que se encuentran alineadas con la enseñanza y aprendizaje de un tópico específico. Es decir, estas teorías-prácticas representan la toma de decisiones curriculares y metodológicas que son informadas tanto por las teorías educativas de nivel general y específicos a una disciplina (ej. teorías del aprendizaje, pedagogía general, teorías de la enseñanza por comprensión y la literatura en educación en ciencias).

Con el fin de lograr la coherencia curricular y vincular las teorías educativas a la práctica del diseño de ambientes de aprendizaje, se plantea la necesidad de diseñar un material de enseñanza del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”. Además, dicho material estará direccionado desde las teorías de enseñanza por comprensión (EpC). De igual

modo, dicha teoría desarrolla de forma eficaz los principios de la enseñanza como son: el tópico generativo, metas por comprensión, desempeños por comprensión y la evaluación formativa. También, se vinculará el contexto educativo, que es un elemento fundamental en el diseño.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en cinco secciones, con la finalidad de explicitar los aportes importantes que se utilizaron para diseñar un material de enseñanza, para el tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”. Dichas secciones, que componen el trabajo de investigación se encuentran en el siguiente orden secuencial: en la primera sección, se realiza la presentación del problema; en la segunda, el marco conceptual de referencia; en la tercera, la hipótesis, los objetivos y los aspectos metodológicos; en la cuarta, la hipótesis del diseño de un material de enseñanza por comprensión; y una quinta sección, que contiene las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. JUSTIFICACIÓN

Sin duda alguna, la educación se constituye en uno de los pilares más significativos con el propósito de materializar el pleno desarrollo en el campo del conocimiento de los individuos, razón por la cual, es necesario resaltar la investigación y la experiencia de profesionales, tales como: sociólogos, científicos, psicólogos, educadores de profesores y enseñantes, quienes se han focalizado en los problemas del campo de la educación y de forma especial, los del área de la ciencia. Desde luego, ellos por medio de las numerosas investigaciones llevadas a cabo a lo largo de la existencia de dicho campo, han contribuido a la construcción de un rico marco teórico sobre las problemáticas de la enseñanza y aprendizaje de un tema específico (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003).

Si bien, el campo de la educación en ciencias a lo largo de su historia ha producido una diversidad de conocimientos, los cuales abordan las diferentes problemáticas de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, éstos actualmente no están impactando las aulas (The Design-Based Research Collective, 2003). De hecho, Klopfer (1983) afirmó hace ya varias décadas que la educación en ciencias se encontraba en una crisis como consecuencia del divorcio de la teoría con la práctica del diseño y la enseñanza de tópicos específicos.

De esta manera, se ha evidenciado que en muchos casos el diseño de los materiales educativos, que asisten a los estudiantes en el aprendizaje por comprensión conceptual, no está informado e iluminado por la literatura basada en la investigación (Wiley, 2000). Es decir, que el diseñador/profesor no utiliza las teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño de la enseñanza, y el cuerpo de conocimiento proveniente de la educación de ciencias para construir o seleccionar de manera coherente un conjunto de actividades de aprendizaje que, fortalecen la comprensión de un contenido particular.

En este sentido, la construcción atórica de dichos materiales educativos ha producido una falta de coherencia intracurricular entre los elementos de la enseñanza, tales como: tópicos generativos, metas por comprensión, desempeños por comprensión, estrategias de la enseñanza y formas de evaluación formativa. Por supuesto que, esta falta de coherencia curricular no le

brinda la oportunidad al estudiante de usar y articular tópicos dentro y a lo largo de los grados, con el fin de explicar o predecir fenómenos naturales (Krajcik, Shin, Stevens & Short, 2009).

Ahora bien, la problemática de la falta de coherencia curricular que presentan muchos de los materiales de enseñanza que se utilizan en las aulas de ciencias, ha generado la necesidad de nuevos enfoques de la investigación educativa que, aborden directamente los problemas de la práctica del diseño y la enseñanza de contenidos específicos (Candela, 2016; Lagemann, 2002). Así pues, surgieron en los últimos años la ciencia del diseño educativo, cuyo fin central es de naturaleza dual; es decir, en primer lugar, esta clase de estudio produce una serie de teorías de dominio específico (prototeorías o teorías humildes), y, en segundo lugar, éstas informan la construcción del material de enseñanza en cuestión (Candela, 2012; Cobb et al., 2003).

Conviene subrayar que, entre las diferentes perspectivas del diseño de materiales de aprendizaje están las “teorías del diseño de la enseñanza”, o la enseñanza por comprensión de Perkins y Unger (1999). En efecto, dichas teorías actualmente han comenzado a ganar adeptos dentro de la línea de investigación de los estudios de diseño, considerando que, éstas se han generado como producto de la investigación basada en las prácticas pedagógicas que, han estado apoyadas por las teorías del diseño y la sabiduría que otorga la experiencia.

Es por esto que, en las dos últimas décadas los diseñadores de materiales de enseñanza han aumentado el interés por utilizar las teorías del diseño de la enseñanza por comprensión, como un marco que direcciona la toma de decisiones curriculares y metodológicas. Desde luego, estas decisiones tienen como propósito central asistir a los estudiantes en el desarrollo progresivo de una meta por comprensión de un tópico generativo (Wiley, 2000). Para ello, el diseñador se apoya e ilumina las intenciones de diseño a partir de los cuatro principios que subyacen a la teoría de Perkins y Unger (1999), las cuales permiten vincular de forma coherente los elementos de la enseñanza mencionados.

Por todo esto, en este estudio se toma la decisión de diseñar un material de enseñanza para el tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias” direccionado desde las teorías de la enseñanza y el aprendizaje por comprensión de Perkins (2001). En efecto, este contenido es considerado un tópico generativo dentro del currículo de las ciencias, teniendo en cuenta que cumple con los siguientes criterios: tópico central para el aprendizaje las ciencias; alta

conectividad con otros tópicos dentro y a lo largo de los cursos; interesante para los estudiantes; e importante para los profesores (Perkins & Unger, 1999).

Por supuesto que, la elección de la anterior perspectiva de diseño permite construir un conjunto de teorías de dominio específico que se encuentran estrechamente relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, las cuales informan e iluminan el diseño del material de enseñanza. Por tanto, éste le ayudará al estudiante de grado quinto de educación básica primaria a superar de manera progresiva el conjunto de dificultades y concepciones alternativas sobre este tópico con que llega al aula de ciencias, ya que, él aprenderá reflexionando sobre lo que aprende.

1.2. ANTECEDENTES

Con respecto a las investigaciones realizadas en el campo de la educación en ciencias, se evidencia que existen pocos estudios que abordan el diseño de materiales educativos desde la perspectiva de la enseñanza por comprensión de Perkins. Por consiguiente, es de vital importancia el aporte de la presente investigación, la cual propone el diseño de un material de enseñanza por comprensión del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”. Para ello, resulta clave presentar los antecedentes que direccionan este estudio.

Fiore y Leymonié, (2007), desarrollaron un material investigativo centrado en la planificación de aula, para promover la enseñanza por comprensión desde Perkins. De manera que, dicho material se orienta desde la perspectiva teórica de la enseñanza por comprensión, en donde, se destacan los cuatro niveles de comprensión: nivel de contenido, de resolución de problemas, epistemológico y de investigación, planteados por Perkins (2003). Es así, como el desarrollo de estos niveles permiten al estudiante comprender conceptualmente un tópico generativo de forma gradual y alcanzar el desempeño deseado. Como se ha dicho, estos autores se apoyan en marco de la enseñanza por comprensión, el cual se fundamenta en unos principios básicos que son tópicos generativos, metas por comprensión, desempeños por comprensión y evaluación formativa, los cuales deben orientar el diseño de un material de enseñanza por comprensión. Por otro lado, para darle solución al problema ellos proponen una matriz a modo de guía, que orienta el diseño del material de enseñanza por comprensión, la cual fue adaptada desde Wiggins y Tigre (2006), citado en Fiore y Leymonié (2007, p. 196). Este instrumento

permite llevar a cabo el diseño en tres etapas, que son direccionadas por medio de un conjunto de interrogantes que inducen al diseñador/profesor a reflexionar acerca de la trayectoria de aprendizaje que debe seguir el estudiante.

En particular, este trabajo investigativo ha aportado significativamente a este estudio considerando que plantean los principios básicos de la enseñanza por comprensión (EpC). Igualmente, la guía propuesta por los autores para diseñar un plan de aula para la comprensión propuesto por Wiggins y Tigre (2006), citado en Fiore y Leymonié (2007, p. 196), sirvió como modelo para la realización del formato de las teorías de dominio específico, donde se desarrollan los Principios de la enseñanza por comprensión orientado hacia el tópico generativo transformaciones físicas de las sustancias.

Otro trabajo realizado que contribuye notablemente a esta investigación fue desarrollado por Perkins (2008), el cual, se fundamenta en la tarea de promover que los docentes logren seleccionar y ajustar los tópicos generativos de manera que permitan responder a las necesidades de los estudiantes. Hay que mencionar, además, que esta propuesta establece que los tópicos generativos no solo deben ofrecer información, sino promover la indagación, que lleven a los educandos a preguntas más profundas que establezcan conexión con otras ideas, preguntas o problemas fundamentales. Así mismo, afirma David Perkins un “aprendizaje para la comprensión”, debe fortalecer la práctica “propia de una escuela inteligente”, ésta debiera tener al menos tres características: estar informada, ser dinámica, ser reflexiva (2008, p. 68).

Además, este proyecto se llevó a cabo en seis escuelas secundarias (niños de 14 a 18 años) y una escuela primaria (niños de 10 a 13 años), donde Perkins en su propuesta simple y clara tiene como meta el cumplimiento de tres objetivos básicos que son: la retención, la interpretación y la aplicación de lo aprendido. Así pues, que esta práctica reflexiva: brinda una oportunidad para que el estudiante pueda ocuparse activa y reflexivamente acerca de aquello que debe aprender.

En efecto, esta propuesta es un gran aporte a la construcción de un material de enseñanza para el tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, dado que brinda elementos teóricos que contribuyeron a fortalecer contenidos del marco conceptual. De manera

puntual se hace referencia a, el tópico y los niveles de la comprensión que son fundamentales para el desarrollo de las teorías de dominio específico.

Candela (2016), en su investigación “La ciencia del diseño educativo” plantea que los materiales enseñanza que generalmente se practican en las aulas de ciencias naturales, carecen de coherencia curricular. Lo dicho hasta aquí supone que esta restricción se da como consecuencia de la ruptura entre las teorías provenientes de la investigación educativa y la práctica del diseño de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos. Es decir, el diseño de estos materiales de enseñanza no estuvo sustentado por las teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño enseñanza, el currículo y la literatura en educación en ciencias (National Research Council, 2012; Wiley, 2000).

Así mismo, su investigación considera que un proceso de diseño o desarrollo de materiales de enseñanza debe estar fundamentado por teorías provenientes de la investigación educativa. Es decir, las teorías del aprendizaje, de la pedagogía general y las teorías de diseño de la enseñanza, las primeras le brindan al diseñador un conocimiento de cómo aprenden los estudiantes, las segundas suministran información sobre cómo gestionar y administrar el aula, y las terceras son un conglomerado de métodos de enseñanza. (Wiley, 2000). Se debe agregar también, la integración de todos estos elementos ajustados al contexto genera el gran propósito de alcanzar una coherencia intra e intercurricular.

También, esta investigación aporta a la presente propuesta elementos de las teorías del diseño educativo, coherencia curricular, de la pedagogía general y apartes esenciales de la teoría de la enseñanza por comprensión (EpC). De donde resulta que, estos son aspectos fundamentales que permiten desarrollar de forma muy explícita el marco contextual de referencia, cuyo fin es el informar unas teorías de dominio específico para el tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”.

Cataño Pereira (2016), plantea en su tesis de maestría que una de las principales causas del nivel bajo en la comprensión de los contenidos de las ciencias que alcanza los estudiantes, se debe a la falta de coherencia curricular de los materiales enseñanza, los cuales en muchas ocasiones no consideran aspectos fundamentales como los conocimientos prerequisite, el lenguaje multinivel, o las concepciones alternativas. Así que, para comenzar a superar la falta de

coherencia curricular de los materiales de enseñanza y asistir a los estudiantes de grado décimo en la comprensión del tópico de la estequiometría, él plantea el diseño de una progresión de aprendizaje hipotética (HLP) para la enseñanza de la estequiometría. De igual manera, en su propuesta utiliza una metodología que desarrolla un proceso sistematizado de análisis documental por artículos, capítulos de libros, lineamientos curriculares y estándares básicos de competencias nacionales e internacionales, en relación con las progresiones de aprendizaje y la estequiometría (Krippendorff, 1990).

Como resultado del proceso de investigación, Cataño Pereira (2016) logró tres aportes fundamentales: el primero, consiste en la construcción de un marco teórico para la HLP como perspectiva de los estudios de diseño; el segundo, se focalizó en el desarrollo de la HLP donde documentó las teorías de dominio específico para la enseñanza/aprendizaje de la estequiometría; finalmente, construyó un material instruccional representado en forma de interfaz para la enseñanza del tópico en consideración.

Conviene subrayar que, este proyecto de investigación fue un aporte valioso para la presente propuesta, dado que brindó herramientas valiosas para la construcción del marco metodológico. Por consiguiente, esta investigación se realizó con un proceso sistemático de análisis documental que la conforman artículos, capítulos de libros, lineamientos curriculares y estándares básicos de competencia estrechamente correlacionados con el tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”.

Por otro lado, Fernández, Trigueros y Gordo (1988) estudian las ideas con las que llegan los estudiantes al aula en relación a los cambios de estado y las disoluciones, con la intención de brindar aportes a una planificación de la enseñanza que los apoye en la superación de las principales dificultades que sostienen para comprender estas temáticas. Para averiguar dichas ideas, aplicaron una encuesta a 238 estudiantes del 2° curso del BUP, antes de abordar en clase el estudio de los estados de agregación y las disoluciones. Dicho instrumento consta de siete preguntas, las cuales son de respuesta cerrada y opción múltiple, e incluyen la contestación “No lo sé”, a fin de evitar la aleatoriedad en las respuestas de los estudiantes.

Como resultados más destacables para la presente investigación, hallaron que, para los estudiantes, la vaporización presenta muchas más dificultades para ser entendida como un

fenómeno físico que la solidificación, y que es confuso para ellos el tipo de fenómeno que experimenta una sustancia cuando se solidifica o se vaporiza. Además, encontraron que los estudiantes normalmente si poseen concepciones alternativas sobre las temáticas indagadas, al obtener bajos porcentajes de respuestas «No lo sé» a las diferentes preguntas. Así pues, esta investigación aportó al presente estudio el conocimiento acerca de la notoria confusión que presentan usualmente los estudiantes sobre la naturaleza de los cambios de estado de la materia y la conservación de la masa en los fenómenos físicos.

Finalmente, la investigación de Borsese, Lumbaca y Pentimalli (1996), se centra en indagar las ideas que sostienen 508 estudiantes de diferentes edades frente a los estados de agregación y cambios de estado. Para ello, utilizaron como instrumento un test de opción múltiple, que cuenta con veintidós preguntas enfocadas en los aspectos macroscópicos de las temáticas en cuestión. Varias de estas preguntas están dirigidas a identificar los conocimientos que tienen los estudiantes sobre los elementos fundamentales del modelo cinético-corpúscular de la materia, y medir su capacidad para reconocer los fenómenos asociados a los cambios de estado.

A partir de los resultados de este estudio, es posible conocer las siguientes concepciones que los estudiantes presentan acerca de los cambios de estado de la materia: al aumentar la masa en la muestra es necesario incrementar la temperatura necesaria para producir un cambio de estado; la solidificación se debe a una disminución de la masa de la sustancia, y no a efectos térmicos en esta, pues estos son inexistentes o despreciables; cuando una sustancia pasa de estado líquido a gaseoso, su composición cambia; en un cambio de estado siempre se absorbe energía por parte de la sustancia que lo sufre. Desde luego, el aporte de este documento a la presente investigación es permitir conocer las concepciones alternativas sobre los cambios de estado que normalmente los estudiantes poseen.

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Los principales investigadores del campo de la educación en ciencias, desde mediados de la década de los ochenta han considerado importante el continuar estudiando los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de estas disciplinas en la escuela, con el propósito principal de potenciar la comprensión conceptual e integrada en los estudiantes (Nuthall, 1997). Así mismo,

los diversos planteamientos realizados durante esta década originaron una serie de teorías, constructos y marcos teóricos, como: constructivismo cognitivo y sociocultural; cambio conceptual; modelización; cognición situada; concepciones alternativas; entre otras. A pesar de que los anteriores constructos generaron buenas expectativas, éstos no han logrado impactar la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, dicha situación se ha traducido en la pobre comprensión que los estudiantes han alcanzado de los tópicos específicos del currículo de estas disciplinas (Ausubel, 1968).

De ahí que, la comunidad de educación en ciencias ha comenzado a considerar que la falta de comprensión conceptual de los tópicos de esta disciplina por parte de los estudiantes, se debe a la ruptura existente entre los marcos provenientes de la investigación educativa y, la práctica del diseño y la enseñanza de tópicos específicos (Wiley, 2000). Es decir, los profesores y muchos diseñadores construyen material de enseñanza de tópicos específicos sin apoyarse en los marcos teóricos provenientes de la investigación educativa, tanto de grano grueso como de grano fino¹. Por ejemplo, no utilizan durante el diseño de materiales de enseñanza, de manera concreta, elementos provenientes de las teorías del: aprendizaje, enseñanza y currículo; además, poco tienen en cuenta para dichas tareas prácticas la literatura en educación en ciencias (Brown, 1992; Collins, 1992).

Otro factor que se encuentra estrechamente vinculado con la restricción que presentan los estudiantes para alcanzar la comprensión conceptual de un tópico particular del currículo de las ciencias, es la falta de coherencia intracurricular en los materiales educativos. Desde luego, en éstos, no se vinculan de manera deliberada los elementos de la enseñanza, tales como: tópicos generativos, metas de comprensión, desempeños por comprensión (actividades de aprendizaje, estrategias de enseñanza, contextos relevantes para el aprendizaje de las ideas fundamentales, prácticas científicas que demande progresivamente mayor cognición), estrategias de evaluación, entre otras (Perkins & Unger, 1999). Adicionalmente, este factor curricular se ha convertido en un elemento fuertemente predictivo del éxito o fracaso de los estudiantes en las pruebas

¹En este estudio se considera las teorías de tamaño grueso como aquellas cuyo contenido sirve para diseñar la enseñanza de cualquier disciplina, es decir, poseen una naturaleza general (ej., teorías del aprendizaje, teorías de la enseñanza). En tanto, las teorías de tamaño de grano fino hacen referencia a los marcos teóricos que se encuentran estrechamente relacionados con la enseñanza y aprendizaje de un tópico específico (ej., literatura en sobre la enseñanza y aprendizaje de un contenido particular).

estandarizadas PISA y TIMMS, donde se monitorea el nivel de comprensión de los diferentes tópicos de las ciencias (Shwartz, Weizman, Fortus, Krajcik & Reiser, 2008).

En efecto, los materiales de enseñanza que se han venido diseñando a nivel nacional e internacional con el fin de ayudar a los estudiantes de la escuela primaria a alcanzar una comprensión conceptual, les hace falta coherencia intracurricular e intercurricular. Quizás este hecho, se deba a que éstos son diseñados por expertos de la disciplina y no por educadores de profesores en ciencias quienes poseen tanto la teoría proveniente de la investigación como la sabiduría que otorga la experiencia en educación.

Con el fin de comenzar superar la restricción que poseen los estudiantes de la escuela primaria y secundaria en el aprendizaje por comprensión conceptual de los temas del currículo de las ciencias, los investigadores de este campo han formulado una serie de teorías educativas. Desde luego, que dichas teorías son conceptualizadas como un cuerpo teórico y metodológico que ofrece una dirección explícita sobre cómo enseñar un tópico específico, con el fin de ayudar a los estudiantes en la comprensión de éste. Es así, como una de las que mayores adeptos ha comenzado a ganar en el campo de la educación, es la teoría de la enseñanza por comprensión conceptual formulado por Perkins y Unger (1999)². Desde luego, ésta tiene como tarea central la de informar el diseño, implementación y evaluación de materiales de enseñanza.

Así pues, para estos eruditos la comprensión hace referencia a la implementación de los esquemas mentales o modelos teóricos³ sobre un fenómeno natural, que utiliza un estudiante de manera consciente en diferentes contextos problemáticos. En otras palabras, el sujeto logra desempeñarse eficientemente a través del uso del tópico en cuestión; para ello, lleva a cabo razonamientos, tales como: explicar, predecir, comparar, describir, extrapolar, simular, planear, entre otros. Por ejemplo, cuando el estudiante aprende por comprensión el tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, está en la capacidad de explicar por qué una camisa se seca al aire libre. En este sentido, comprender es la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de los marcos que sustentan los tópicos generativos, que configuran el currículo de una disciplina (Perkins & Unger, 1999).

²Teaching and learning for understanding, Perkins y Unger (1999).

³En este estudio, se conceptualiza a los modelos o esquemas mentales como aquellas estructuras cognitivas que recogen un concepto específico de una disciplina.

Hay que mencionar además, que las teorías del aprendizaje en conjunción con las teorías del diseño de la enseñanza y la literatura de educación en ciencias, también deben ser utilizadas a lo largo de la construcción de un material de enseñanza, con el propósito de informar las intenciones del diseño. Así pues, las primeras le brindan al diseñador un conocimiento de cómo aprenden los sujetos, en tanto las segundas prescriben un conjunto de métodos de enseñanza y las condiciones en que éstos funcionan (Wiley, 2000). Finalmente, la literatura en educación en ciencias suministra la información sobre las dificultades/limitaciones y concepciones alternativas del tópico en cuestión. Por tanto, la interacción de los anteriores marcos teóricos, asisten al diseñador para tomar decisiones curriculares y metodológicas, las cuales entretejen de manera sinérgica los elementos de la enseñanza antes mencionados, con el propósito de alcanzar una coherencia curricular.

Por otra parte, la literatura de la educación en ciencias ha evidenciado que los estudiantes presentan múltiples dificultades para el aprendizaje por comprensión de los tópicos de dicha disciplina. Esta situación, se debe a que la mayoría de los contenidos en general de las ciencias, y de forma particular de la química, son de naturaleza abstracta y son representados por un lenguaje sumamente técnico, factores que se convierten en una restricción para la internalización de dichos tópicos, considerando que el pensamiento de los estudiantes está signado por su sistema sensorial (Gabel, 1998; Russell, Harlen & Watt, 1989).

Ahora bien, en la escuela primaria uno de los tópicos generativos que configura la enseñanza de las ciencias por comprensión es “Transformaciones físicas de las sustancias”, ya que éste cumple con los siguientes criterios: central para la disciplina, interesante para los estudiantes, accesibles y conectable con otros contenidos. Sin embargo, aunque este tema está estrechamente vinculado con el mundo de la vida de los estudiantes, resulta complejo para su comprensión. La anterior dificultad, se debe a que este modelo teórico lo fundamentan ideas pertenecientes al nivel de representación submicroscópico, tales como: discontinuidad de la materia, vacío entre las partículas y movimiento intrínseco; los cuales resultan difíciles de comprender a partir de una única actividad de aprendizaje (Candela, 2012; Pozo & Gómez Crespo, 1998).

Finalmente, los investigadores del campo de la educación en ciencias quienes constituyen la línea de investigación de los estudios de diseño, han llegado al consenso que muchos de los

materiales de enseñanza impresos o en formato digital no presentan coherencia intracurricular. Esta restricción es causada porque el proceso de diseño de estos materiales no ha estado informado por teorías de la educación de orden general y específico de las ciencias (Shwartz, Weizman, Fortus, Krajcik & Reiser, 2008, Candela, 2016). De ahí que, en los últimos años se ha comenzado a diseñar ambientes de aprendizaje de tópicos específicos tomando como referencia las teorías generales y específicas provenientes del campo de educación de las ciencias, con el fin de darle coherencia intracurricular a los materiales.

Tomando en cuenta los anteriores presupuestos, surge el siguiente problema de investigación:

¿Cómo diseñar un material de enseñanza con coherencia curricular para alcanzar un aprendizaje por comprensión del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”?

CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA

En los siguientes apartados se desarrolla el marco de referencia que fundamenta el diseño del material de enseñanza con coherencia curricular para el aprendizaje por comprensión del tópico, “Transformaciones físicas de las sustancias” realizado en este trabajo. Inicialmente, se abordan elementos propios del estudio de diseño educativo, como sus características, y los principios de diseño e implementación de un material de enseñanza. Luego, se expone sobre la coherencia curricular, profundizando en las clases de coherencia inter e intracurricular. Para culminar, se desarrollan algunas teorías educativas de naturaleza general y específica, a saber: las teorías del aprendizaje (cognitiva, sociocultural y procesamiento de la información), la pedagogía general (rutinas, técnicas, estrategias y modelos de enseñanza), las teorías de dominio específico, la teoría del diseño de la enseñanza para la comprensión, y la literatura de educación en ciencias (niveles de representación en química, dificultades e ideas alternativas del tópico en cuestión).

2.1. ESTUDIO DE DISEÑO EDUCATIVO

En efecto, el estudio de diseño educativo es catalogado como una metodología de investigación que puede presentar una naturaleza de carácter cualitativa e interpretativa. Considerando que, estos estudios se encuentran fuertemente relacionados a un interrogante, direccionado al objetivo de desarrollar una teoría relevante como producto del estudio realizado (Shavelson, Phillips, Towne & Feuer, 2003). Debido a que, estos estudios son aprobados a través del diseño, implementación, análisis y evaluación en la práctica educativa.

Además, el estudio de diseño educativo está direccionado en producir teorías de dominio específico, que ayuden a perfeccionar las prácticas de aula en cualquier área disciplinar y contexto. Desde luego, esta clase de estudios tiene como meta la generación de un aporte teórico, ya sea para proponer nuevas teorías o para modificar las existentes (Reigeluth & Frick, 1999). Así mismo, estas teorías le brindan al profesor una orientación explícita sobre las estrategias y los recursos metodológicos que se pueden utilizar para que el estudiante alcance el desempeño deseado en su aprendizaje.

Por consiguiente, este enfoque de investigación tiene como propósito estudiar el aprendizaje en un entorno tangible. De igual forma, Collins, Joseph & Bielaczyc (2004)

sintetizaron que el estudio de diseño había germinado en el ambiente práctico, para guiar la investigación educativa hacia unos resultados formativos. Otro rasgo importante a resaltar, es que la ciencia del diseño debe proporcionar un amplio contenido disciplinar, el cual congrega una serie de actividades articuladas coherentemente entre ellas (Brown & Campione, 1996; Candela, 2012).

Hay que mencionar, que el estudio de diseño educativo está dirigido a la construcción de una teoría, como producto de un amplio marco conceptual y metodológico de un tópico en cuestión (Cobb et al., 2003; The Design-Based Research Collective, 2003). En otras palabras, el diseño de un material de enseñanza esta cimentado por las teorías de naturaleza general y específica como: la teoría del aprendizaje, las teorías del diseño de enseñanza, la pedagogía general y la literatura en educación en ciencias. Así, por ejemplo, las teorías generales brindan una visión sobre cómo se aprenden y las teorías de naturaleza específica asisten al docente en la gestión y administración del aula, con el objetivo de lograr una coherencia curricular en los materiales de enseñanza.

Es por esto que, con el estudio de diseño se empieza a superar el dilema existente entre la teoría originada en la investigación, la práctica del diseño y la enseñanza. En vista de que, estos estudios se han germinado como un fruto de la investigación educativa, basada en las prácticas pedagógicas que han estado apoyadas por las teorías. Es decir, que esta labor de diseño e implementación debe ser precedida por personas expertas, según Collins et al. (2004), dicho estudio representa la práctica, que es el sustento teórico que contribuye a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. A continuación, se presentarán algunas características del estudio de diseño educativo, que dan una orientación a la labor del diseño e implementación de materiales de enseñanza.

2.1.1. Características del estudio de diseño educativo.

Una de las características principales del estudio de diseño, es que vincula las teorías de la investigación educativa a la práctica e implementación de materiales de aprendizaje. Así mismo, este estudio se destaca como una estructura planificada y continúa, que posibilita crear, implementar, evaluar y analizar el proceso educativo (Cobb et al., 2003; Collins, 1992). De igual

modo, esta investigación se orienta en contextos educativos relevantes, que obedecen a cada situación en particular.

Teniendo en cuenta que, los estudios de diseño educativo se han posicionado con un extenso entorno conceptual que ilumina el diseño de materiales de enseñanza, esto permite a los diseñadores producir modelos teóricos-prácticos educativos con un variado marco de interacción. Al mismo tiempo, estos estudios se apoyan en elementos como las metas y una variedad de actividades y recursos, los cuales orientan el éxito en los resultados del aprendizaje (Collins et al., 2004).

Además, es importante resaltar que el estudio de diseño genera teorías de dominio específico o teorías prácticas, que asisten al docente en la enseñanza por comprensión de un tópico en particular. Así mismo, guían al docente en la toma de decisiones curriculares, teniendo en cuenta las características del contexto y las necesidades de los estudiantes. Desde luego, estas teorías orientan de forma viable el proceso educativo, descubriendo las ventajas y limitaciones del material en cuestión, con el objetivo de mejorar los materiales de enseñanza (Candela, 2016).

Es importante destacar que, uno de los propósitos del diseño educativo es la producción de situaciones educativas, que deben ser vinculadas fuertemente con el entorno del estudiante. Por consiguiente, este estudio se orienta hacia las prácticas que son el soporte teórico que avalan el ciclo de refinamiento para producir diseños materiales de enseñanza (Collins et al., 2004). Estos diseños, se consolidan en las teorías educativas que han emergido desde los estudios desarrollados, en el campo de la educación a nivel general y en un tópico de las ciencias a nivel específico.

2.1.2. Principios del diseño de un material de enseñanza.

Se debe agregar que, el estudio de diseño usa las teorías del aprendizaje, el currículo, los modelos educativos y la literatura en educación, focalizada en una disciplina, con el propósito de diseñar materiales de enseñanza de tópicos específicos que facilite la comprensión de un contenido. Por esto, se ha convertido en un instrumento fundamental dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje, con el fin de ayudar a unos estudiantes singulares a aprender un tópico específico. Además, ayuda a desarrollar esquemas de pensamiento de orden superior, que

garantiza una mejor comprensión conceptual del tópico generativo (Candela, 2016; Reigeluth & Frick, 1999).

De hecho, lo anterior permite afirmar que las teorías de diseño son un sistema planificado que posibilita buscar y acoplar coherentemente marcos teóricos, estrategias, técnicas y recursos, para fortalecer el proceso educativo, buscando potenciar el aprendizaje por comprensión (Yukavetsky, 2007). Además, una particularidad de estas teorías, es que son orientadas al diseño o a la meta de enseñanza y aprendizaje, esta característica, las hace más útil para los diseñadores o docentes, en vista de que suministran una guía directa sobre cómo lograr los objetivos de aprendizaje.

Se puede concluir que, el diseño de materiales de enseñanza por comprensión representa un proceso cimentado en las teorías educativas. Así mismo, es de carácter sistemático, dinámico y continuo, donde se elabora una selección, implementación y evaluación de estrategias, que facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje. En efecto, este conglomerado de teorías metodologías, guía al educador a través de la selección de un tópico generativo, metas por comprensión, desempeños de aprendizaje y evaluación formativa para lograr una comprensión conceptual del tópico en cuestión (Collins et al., 2004).

2.1.3. Principios de la implementación del diseño de un material de enseñanza.

Como se ha dicho, los estudios de diseño son entendidos como un conjunto teórico que permite prescribir métodos óptimos educativos. Por tanto, estos métodos brindan una orientación clara para el desarrollo, implementación y evaluación de situaciones que estimulan el aprendizaje, en diferentes niveles de heterogeneidad. Es decir que, el diseño es visto como la disciplina que pretende establecer métodos ideales de enseñanza, para producir cambios deseados en los conocimientos y habilidades del estudiante (Reigeluth, 1999).

Considerando lo anterior, la implementación de un material de enseñanza es una etapa importante en el estudio de diseño. Debido a que, cada implementación de estos estudios es diferente, porque se relaciona estrechamente con el contexto educativo y el conocimiento, creencias y valores del docente. Por consiguiente, la implementación y aplicación de estos materiales de enseñanza, permiten identificar fortalezas y debilidades, validando su efectividad y eficiencia en el aula (Candela, 2016).

2.2. COHERENCIA CURRICULAR COMO PRINCIPIO DE DISEÑO

La coherencia curricular, en el campo del diseño de materiales de enseñanza hace referencia al avance progresivo dentro de un nivel de escolaridad y a lo largo de los diferentes grados de escolaridad. De manera que, esta se debe relacionar con los estándares, los planes de estudio, lo objetivo o metas por comprensión, tópicos generativos y los criterios de evaluación, con el fin de fortalecer a estos últimos con las reflexiones y consideraciones acordes a los diferentes escenarios que enfrentará el estudiante en el campo del saber.

Así mismo, la coherencia curricular de los materiales de enseñanza, se refiere a las causas que determinan el éxito o el fracaso en el campo del aprendizaje y procesos de formación de los estudiantes. De ahí que, existen muchos aspectos por mejorar en un diseño curricular, pues la literatura demuestra que la coherencia curricular tiene una gran relación con el desempeño. De igual modo, en el área de las ciencias naturales al momento de participar en pruebas estandarizadas, tanto a nivel nacional o internacional, un mal diseño curricular puede afectar negativamente el nivel de comprensión conceptual del currículo de las ciencias por parte de los estudiantes (Candela, 2016).

Dicho lo anterior, conviene decir que los materiales de enseñanza deben tener condiciones que despierten una comprensión conceptual en los estudiantes. Así mismo, es necesario que estos materiales desarrollen ideas científicas que permitan explicar con sentido fenómenos naturales o una actividad experimental. Por consiguiente, estos materiales deben estar alineados con elementos de la enseñanza como: las metas del aprendizaje, los tópicos o contenido disciplinares, dificultades/limitaciones, e ideas alternativas. En este sentido, los estudiantes deberían estar en la capacidad de analizar, interpretar, predecir, extrapolar y establecer relaciones con su contexto, lo que en otras palabras significaría principios de enseñanza-aprendizaje por comprensión (Perkins, 2003).

Habría que decir también, que la coherencia curricular debe significar un avance a través de los diferentes grados de escolaridad. Es decir, que los materiales de enseñanza deben poseer una alta conectividad con otros tópicos dentro y a lo largo de los cursos. De este modo, se puede comprobar que los estudiantes que ocupan las primeras posiciones a nivel mundial en pruebas estandarizadas (ej., TIMSS y PISA), pues ellos se caracterizan por poseer dicha coherencia

curricular en sus materiales de enseñanza (Schmidt et al., 2005). Además, dichos materiales están alineados con las estrategias de enseñanza y los procesos de formación docente.

Dicho lo anterior, estos planteamientos están relacionados con la coherencia curricular, en términos de secuenciación de los tópicos que configuran las ideas de la ciencia y la profundidad con la que se estudian dentro y a través de los grados; además, de la alineación en las metas de aprendizaje en cuestión (Schmidt et al., 2005). En cuanto a, los materiales de enseñanza que cumplan con cada uno de los elementos anteriores, ellos les permiten a los estudiantes relacionar de forma jerárquica sus concepciones, lo cual posibilita que puedan predecir o explicar fenómenos naturales.

2.2.1. Clases de coherencia.

Conviene subrayar, que existen dos tipos de coherencia, la coherencia intracurricular e intercurricular. Además, estas tienen una función importante en la práctica y diseño de los materiales de enseñanza, así que, es necesario abordarla con especial atención. Lo anterior se debe, a que éstas describen de forma particular diversos elementos de la educación, tales como: los estándares, los textos escolares, la evaluación y las políticas educativas.

2.2.1.1. Coherencia intercurricular.

Es preciso mencionar que, a lo largo de los diferentes niveles de escolaridad, debe existir una secuencia, es decir, que aquellos nuevos conocimientos que se les propone desarrollar a los estudiantes, recojan y se sustenten en sus conocimientos previamente construidos, tanto los que son fruto de su experiencia, como los que ya ha construido a través de la escolarización. En este sentido, el proceso de aprendizaje de los estudiantes se considera en forma de espiral, pues cada nuevo nivel de desarrollo cognitivo y conceptual se ve enriquecido, sustentado y desarrollado a través de los saberes y habilidades que ya posee. Es por ello que, tanto los conocimientos conceptuales, como los procedimentales y las habilidades cognitivas, deben de ser tenidas en cuenta en el diseño de materiales de enseñanza, pues éstos deben de estar alineados y partir su desarrollo desde lo que ya posee el estudiante.

En este sentido, los materiales de enseñanza que se implementen deben estar alineados a lo que previamente el estudiante ha aprendido en los niveles escolares previos y a lo que aprenderá en los niveles siguientes. Lo anterior, se debe a que no solo es importante que los

materiales se relacionen con lo que ya ha aprendido el estudiante, sino que es igualmente importante que este en coherencia con el currículo que desarrollará posteriormente, pues de lo contrario se romperá la secuencia y espiral de aprendizaje.

2.2.1.2. Coherencia intracurricular.

Desde luego, la coherencia intracurricular se da a partir de una estructura lógica entre los elementos del diseño curricular, tales como: estándares básicos de competencias (EBC), derechos de básicos de aprendizaje (DBA), metas por comprensión, desempeños por comprensión, actividades de aprendizaje y evaluación. Es decir, que el diseño de materiales de enseñanza deben conducir hacia la consecución de metas específicas y análisis continuo, permitiendo un escenario mejorado en el campo de la educación en ciencias (Candela, 2016).

También, en las dos últimas décadas, los diseñadores de materiales de enseñanza han aumentado el interés por utilizar las teorías del diseño de la enseñanza, que permitan direccionar la toma de decisiones curriculares y metodológicas. Desde luego, estas decisiones tienen como propósito central permitir a los estudiantes un desarrollo progresivo, con el fin de alcanzar las metas por comprensión de un tópico específico (Wiley, 2000). Para ello, y de forma particular, este estudio apoya su diseño a partir de los cuatro principios que subyacen a la teoría de Perkins y Unger (1999), las cuales permiten vincular de forma coherente los elementos de la enseñanza mencionados.

2.3. TEORÍAS DEL APRENDIZAJE

Para afrontar los retos del siglo XXI en el campo de la educación, se plantea que es indiscutiblemente necesario que la educación esté dirigida hacia la promoción de capacidades y competencias, y no solo de conocimientos cerrados o técnicas programadas (Barriga & Hernández, 2010). Es decir, es muy importante avanzar hacia un aprendizaje por comprensión conceptual, teniendo en cuenta que éste debe ser continuo, razón por la cual se ha profundizado en grandes teorías que dan cuenta de cómo los estudiantes aprenden. Entre ellas resaltaremos las siguientes:

2.3.1. Teoría cognitiva.

En los últimos años se han producido importantes cambios en el campo de la educación, donde uno de los principales actores son los aportes emergentes de la psicología cognitiva. En esta, se destaca principalmente los aportes expuestos por Piaget, quien sostiene que los sujetos interpretan la realidad, los fenómenos o la información que extraen del mundo mediante unas herramientas y estructuras cognitivas internas, como también los conocimientos, saberes y experiencias que ya poseen. En este sentido, el acto constructivo se puede resumir como un proceso de construcción de significados y formas de significar, en donde a través de las estructuras cognitivas los sujetos relacionan la nueva información con la que ya poseen.

Adicionalmente, se reconoce principalmente dos constructos teóricos propuestos por Piaget, como lo son la idea de la *Asimilación* y la *Acomodación* (Candela, 2016). En la primera, el sujeto a través de sus estructuras cognitivas construye un significado del objeto o fenómeno que estudia; es decir, el sujeto no solo extrae información de aquel objeto de estudio, sino que a través de toda esa información construye una idea y significado completo de la misma. Seguidamente, al poseer el sujeto una idea o significado de aquel objeto, el siguiente proceso es la *Acomodación*, la cual consiste en integrar y relacionar dicha idea o significado con el constructo teórico, modelos, conocimientos y saberes que ya posee el sujeto en relación o bajo la misma línea del objeto de estudio. De ahí que, en esta etapa, el sujeto comienza recuperar los saberes y conocimientos asociados al fenómeno de estudio, establece relaciones conceptuales entre ellos, los valida, juzga, cuestiona y reconstruye, para así después de todo este proceso mental, integrar finalmente el nuevo saber a toda su estructura conceptual.

Por otra parte, otro elemento importante de la teoría Piagetiana, son los estadios de desarrollo de los sujetos, en donde se establece y se explica en el último estadio (el estadio formal), las herramientas cognitivas por excelencia que utilizan los sujetos para procesar y manipular la información. Dichas herramientas, son llamadas por Piaget “esquemas de pensamiento formal”, las cuales están integradas dentro de la estructura cognitiva del sujeto y son las que le permiten procesar y manipular la información para la construcción de significados y formas de significar (Villar, 2003). En este sentido, se reconocen como esquemas de pensamiento formal los siguientes:

- Las operaciones combinatorias: Aquí, se realizan combinaciones entre las variables que se utilizan, con el objetivo de reconocer su efecto.

- Las proporciones: En esta, se intenta comprender el tipo de relaciones que se establecen entre una o más variables y cómo se afectan entre ellas.
- La coordinación de dos sistemas de referencia: En ella, el sujeto establece relaciones entre dos sistemas diferentes, en donde en cada sistema existen relaciones entre variables.
- La noción de equilibrio mecánico: Aquí, el sujeto reconoce que existe un estado de igualdad o compensación entre dos sistemas o variables que están relacionados.
- La noción de probabilidad: En ella, el sujeto determina las posibles circunstancias o respuestas que puede encontrar u observar al intervenir un determinado fenómeno o relaciones entre variables.
- La noción de correlación: En ésta, se establece una relación o combinación entre el esquema de la proporción y la probabilidad, que le permite al sujeto determinar y comprobar las causas y consecuencias de aquel fenómeno intervenido.
- Compensaciones multiplicativas: proporcionalidad inversa entre dos variables.
- Las formas de conservación que van más allá de la experiencia: Aquí el estudiante construye leyes, teorías, constructos teóricos y conocimientos sobre propiedades y características no observables que se conservan en los fenómenos, como por ejemplo la idea de la materia como algo discontinuo.

2.3.2. Teoría sociocultural.

La teoría sociocultural, brinda otros valiosos elementos que dan cuenta de la función del aprendizaje de los estudiantes. Por ejemplo, Vygotsky (1978) sostiene que los niños desarrollan su aprendizaje mediante la interacción social, en otras palabras, van adquiriendo nuevas y mejores habilidades cognoscitivas como proceso lógico de su inmersión a una forma de vida. De modo que, esta teoría pone un especial acento en la participación proactiva de los menores con el ambiente que los rodea, siendo el desarrollo cognitivo fruto de un proceso colaborativo (Berger, 2007).

Como se ha dicho, Vygotsky (1978) destaca la importancia que tiene el contexto sociocultural, considerando el lenguaje como un mecanismo esencial en el desarrollo del ser humano y en el fortalecimiento del conocimiento. Por consiguiente, el lenguaje representa un papel fundamental en el proceso de aprendizaje, pues establece condiciones que permiten a los

individuos interactuar e interpretar su entorno. Se considera que, esta teoría reconoce que los niños adquieren un mayor progreso en la adquisición del lenguaje al comunicarse con sus iguales, logrando así una conexión entre pensamiento y lenguaje que los conllevan a reflexionar y manifestar sus juicios de forma coherente.

Al mismo tiempo, Vygotsky (1978) enuncia que aquellas actividades que se realizan de forma compartida, permiten a los niños interiorizar las estructuras de pensamiento y de comportamiento de la sociedad que les rodea, apropiándose así de ellas. Según la teoría sociocultural, el papel del docente es dar apoyo, dirección y organización al aprendizaje de los estudiantes; más aún, ayudarles a interiorizar las estructuras conductuales y cognoscitivas que las actividades sociales exigen. Es así que, esta orientación resulta más efectiva al ofrecer una ayuda a los pequeños para que crucen la zona de desarrollo proximal (ZDP), la cual se puede entender como la brecha entre lo que ya son capaces de hacer los estudiantes y lo que todavía no pueden conseguir por sí solos, sino que orientados por el profesor o un estudiante más aventajado.

Finalmente, los niños que se encuentran en la ZDP, para realizar una tarea en concreto, están cerca de poder realizarla de forma autónoma, pero aún les falta integrar y organizar conocimientos o pensamientos que les permiten alcanzar tal fin. No obstante, con el soporte y la orientación adecuada son capaces de realizar la tarea exitosamente. Todo lo anterior, resulta en la medida en que la colaboración, la supervisión y la responsabilidad del aprendizaje están cubiertas por el profesor, así el niño progresa adecuadamente en la formación y consolidación de sus nuevos conocimientos y aprendizajes (Berger, 2007).

2.3.3. Teoría del Procesamiento de la información.

En la actualidad, esta importante teoría tiene una gran relevancia para los educadores e investigadores de las ciencias por sus valiosos aportes. Es decir, “en términos generales, puede afirmarse que fue construida a partir de una analogía plausible entre el esquema operativo de un computador y el cerebro humano, con la diferencia de que en las personas media los intereses y experiencias previas como elementos de control” (Flavell, 1985, citado en Candela, 2016, p. 120).

El soporte de esta teoría es la psicología cognoscitiva, la cual se apoya en operaciones simbólicas tales como codificar, localizar, almacenar, comparar y predecir, las cuales dan cuenta

del nivel de inteligencia de los estudiantes y de su gran capacidad de realizar actividades planteadas en el aula creativamente, a su vez, éstas pueden ser un verdadero estímulo para que los estudiantes aprendan. Por lo tanto, la teoría del procesamiento de la información, tiene en cuenta que las actividades de aprendizaje permitan que los estudiantes procesen la información de forma veraz y eficaz.

De manera que, el procesamiento de la información incorpora elementos como la percepción, almacenamiento y recuperación (Johnstone, 2006). Así, por ejemplo, los estímulos o percepciones externas son recibidos por los sentidos para ser procesados, la información seleccionada pasa a la memoria de trabajo. Con el fin de, continuar este procesamiento la memoria de trabajo realiza dos funciones que son almacenar temporalmente la información y la otra es hacer uso de la información filtrada y posteriormente almacenarla en la memoria a largo plazo para que dicha información sea más comprensible y empleada de forma eficaz.

Finalmente, es importante que la nueva información que reciben los estudiantes, se relacione de forma directa con la que ya tienen guardada en su memoria a largo plazo. Por lo cual, al generar los educandos una clara argumentación de un concepto, también, puede ocurrir que se den nuevas concepciones alternativas en los estudiantes, razón por la cual, posteriormente se pueden dar dificultades para la conceptualización. Por consiguiente, la intención es lograr una adecuada asociación de la información, para que así lo aprendido sea utilizado de manera accesible (Johnstone, 2006).

2.4. PEDAGOGÍA GENERAL

La pedagogía general, se puede considerar como un sistema de saberes que guían y determinan el cuerpo de conocimientos, creencias y valores que posee tanto el profesor en formación, como el que ésta en ejercicio o el que está diseñando un instrumento curricular. En este sentido, ella es quien orienta cómo el profesor planea, desarrolla y reflexiona el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación de un tópico específico. Así mismo, también es quien le permite construir e interiorizar una serie de técnicas y estrategias metodológicas del proceso de formación del estudiante, las cuales serán las que el profesor utilizará al momento de mediar la construcción e interpretación conceptual de un determinado tópico del currículo.

Bajo esta misma idea, para el diseño y construcción de instrumentos o artefactos que median y ayudan al proceso de construcción de conocimiento de los estudiantes, esta pedagogía, es la que le brindará al diseñador pedagógico o profesor las herramientas conceptuales, epistémicas y metodológicas necesarias para construir sus actividades de enseñanza, aprendizaje y evaluación. En otras palabras, ellas son las encargadas de suministrarle una serie de estrategias y técnicas sobre cómo mediar el proceso constructivo del conocimiento dentro del material educativo.

Así, dependiendo del tipo o perspectiva pedagógica que considere o haya construido el profesor, por ejemplo, puede seleccionar como una opción el uso de diseño de redes conceptuales por parte del estudiante, sobre el tema estudiando; o, puede pedirles que memoricen aquella temática. Igualmente, puede utilizar como estrategia de enseñanza, aprendizaje y evaluación, la discusión y reflexión entre grupos de estudiantes, o la consignación escrita de la información suministrada por el material curricular. Por tanto, dependiendo de la pedagogía general que el profesor haya construido o posea, así mismo se inclinará a utilizar determinadas estrategias o métodos para mediar el aprendizaje dentro del material curricular.

Finalmente, de acuerdo a Abell, Appleton y Hanuscian (2010) citado en Candela (2016, p. 122), se puede considerar que la pedagogía general se ve reflejada en una serie de rutinas, técnicas, estrategias y modelos de enseñanza, que como ya se ha mencionado son las que guían el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación del contenido a enseñar. Por tanto, a continuación, se tratarán cada uno de estos elementos.

2.4.1. Rutinas.

Durante todo el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación, dentro del aula de clases se construye una cultura de la clase, la cual con el tiempo se hace invisible a los ojos del profesor y del estudiante, ya sea porque no se reflexiona o al repetirse constantemente sus elementos constitutivos, éstos dejan de estar dentro del campo de reflexión y pasan a ser algo cotidiano y común, razón por la cual ya no son objeto de análisis y observación. Dentro de dicha cultura, se encuentran las rutinas que el profesor y los estudiantes realizan a lo largo del proceso de enculturación o formación, éstas de acuerdo a Candela (2016) son: “una serie de acciones inteligentes direccionadas por el profesor, con la intención de dinamizar las actividades de

aprendizaje” (p. 123). Así pues, se pueden considerar como algunas rutinas las siguientes: levantar la mano, organizar el aula de clases, la transacción en el aula y la distribución de los materiales curriculares. A continuación, se explicarán cada una de éstas.

La rutina de levantar la mano en clase: Este es un comportamiento corporal y vocal que, por lo general, se negocia comúnmente dentro de las aulas de clase, como una herramienta administrativa del dialogo entre el profesor y los estudiantes al momento de realizar una discusión en clase, y/o cuando uno o más estudiantes presentan una duda o punto de vista que quieren compartir con el aula de clases (Candela, 2016).

La rutina de organizar el aula de clase: ésta trata sobre la forma en como los estudiantes se organizan en el salón de clases, ya sea en pequeños grupos, en forma de un gran círculo, o de forma convencional, en filas. Dicha rutina, aunque puede parecer poco importante en el proceso formativo, ella cobra un gran valor dependiendo de la visión o postura pedagógica que posea el profesor, pues condiciona en cierta forma la manera en cómo los estudiantes se comunican entre ellos y el tipo de trabajo que realiza. Por ejemplo, la organización de la clase en filas apoya o determina en cierta parte el trabajo individual; la organización en círculo, permiten una comunicación equitativa entre todos los estudiantes y el profesor; mientras que una organización en grupos permite el trabajo cooperativo en pequeños grupos de trabajo (Candela, 2016).

La rutina de transacción en la clase: En este caso, se plantea la costumbre de un profesor de monitorear por cada grupo de trabajo o estudiante el nivel de comprensión, confusión o aprendizaje que han alcanzado hasta el momento. Esta rutina, es un hábito muy común en profesores con una visión constructivista del proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación de los tópicos del currículo, pues le permite saber y observar de manera directa cómo van cada uno de sus estudiantes en sus procesos constructivos de conocimiento y de ser necesario, intervenir de forma directa, para así corregir, solucionar y negociar significados y formas de significar el conocimiento que se intenta construir (Candela, 2016).

La rutina de distribuir los materiales curriculares en la clase: Aquí, se presenta el hábito de encargar a un estudiante la tarea de la distribución y manejo de los materiales curriculares a utilizar en una actividad educativa. Lo anterior, permite crear un sentido de

responsabilidad en un estudiante, mientras se ayuda a evitar problemas o congestiones durante la repartición (Candela, 2016).

La rutina de favorecer el trabajo cooperativo en clase: En este caso, aquí se privilegia estrategias o métodos de trabajo de los estudiantes que permitan cooperar en la realización de una tarea o actividad, generando de esta forma un aprendizaje cooperativo. En este sentido, el profesor tiende mucho a realizar actividades en pequeños grupos de trabajo, mientras puede o no dejar un poco de lado el trabajo individual (Candela, 2016).

2.4.2. Técnicas.

De acuerdo a Candela (2016), las técnicas son acciones específicas que el profesor realiza para mediar el proceso de enseñanza y aprendizaje de un tópico específico. En este sentido, el autor propone como técnicas las siguientes: las explicaciones, la formulación de preguntas y proporcionar instrucciones. Todas ellas, dependiendo de la postura y visión pedagógica del profesor guiarán la mediación del aprendizaje del estudiante de manera distinta, pues mientras que un profesor puede utilizar la formulación de preguntas como técnica que le permita controlar al grupo y responder a interrogantes específicos del mismo, otro profesor, puede utilizarlo para fomentar una discusión en clase. Así mismo, no se debe olvidar que las técnicas se ven implementadas en conjunto con las rutinas y estrategias dentro del proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

A continuación, con base a Candela (2016), se presentan las técnicas que se ven empleadas durante el proceso de formación:

La técnica de explicar una idea: ésta técnica por lo general se presenta cuando el profesor quiere dar a conocer o entender una idea en específico que los estudiantes no comprenden a cabalidad o cuando quiere dar a entender algún elemento conceptual que posee un alto grado de abstracción, situaciones que en algunos casos no son fáciles de entender o comprender por los estudiantes, de ahí la necesidad de que sea el profesor quien de las orientaciones o guía sobre cómo entender dicho elemento. Dicha técnica, por lo general es muy común usarla en el aula de clase, sin embargo, lo recomendable, para que no impida que los estudiantes sean los principales actores de su proceso de construcción de conocimiento, es que se presente con muy poca reiteración, no sean muy extensas y surjan de la necesidad de comprender

algún elemento conceptual que, probablemente los estudiantes no pueden entenderlo solos (Candela, 2016).

Así mismo, dado que el interés por el cual se debe usar esta técnica es lograr que los estudiantes comprendan un elemento conceptual que resulta ser muy abstracto o complejo, es muy común que las explicaciones se apoyen o se expresen a través de un lenguaje cotidiano y fácil de entender, ejemplos de la vida diaria, analogías, metáforas, animaciones, simulaciones, dibujos y demás elementos que permitan representar de forma concreta y directa dicho elemento. Por último, vale la pena hacer énfasis en que la explicación debe estar ajustada al nivel cognitivo y conceptual del estudiante, pues de lo contrario la explicación puede generar más confusión de la que ya puede poseer el estudiante (Candela, 2016).

La técnica de formular preguntas: Como ya se ha mencionado anteriormente, dependiendo del tipo de visión y postura pedagógica que posea el profesor, así mismo se emplearán las técnicas, estrategias y rutinas; lo cual es el caso de esta técnica, pues si se emplea desde una postura constructivista es una gran herramienta que permite determinar tanto el nivel de comprensión y confusión de los estudiantes, como generar un ambiente de discusión e interpretación de un elemento conceptual puesto en reflexión. En este sentido, de acuerdo a Candela (2016) se deben tener en cuenta tres elementos en la formulación de una pregunta: el tipo de pregunta que se realiza, la distribución de las preguntas y el tiempo de espera (Candela, 2016).

En cuanto al primer elemento, se encuentran dos tipos de preguntas, las cerradas y las abiertas, en donde cada una cumple un objetivo en específico. Las primeras, son habitualmente usadas para dar a conocer un elemento puntual, el cual el profesor considera que el estudiante ya conoce o comprende. Así mismo, son de corta duración y pretenden simplemente recuperar de la memoria información o conocimientos específicos. Las segundas, son habitualmente empleadas para hacer énfasis en un elemento conceptual, idea, hecho, fenómeno, comportamiento o cualquier elemento que el profesor quiere que sea reflexionado, discutido y analizado por los estudiantes. En este sentido, la pregunta abre el punto de partida a un debate o discusión en clase que permitirá comprender y construir colectivamente conocimiento.

El segundo elemento, hace referencia a que el profesor debe situarse en un lugar que le permita interactuar con toda la clase, evitando excluir o dejar de percibir algunos de sus estudiantes, para ello es recomendable que durante el proceso él se desplace a lo largo y a través de todo el salón, así no se enfocará en un único lugar y le permitirá interactuar con toda la clase. Así mismo, hay que tener en cuenta que es importante que no siempre se les realice las preguntas a los mismos estudiantes, los cuales por lo general son los que permiten que la discusión fluya, sino que es importante darles la oportunidad a otros estudiantes de participar y potenciar sus capacidades comunicativas y argumentativas.

Finalmente, el tercer elemento hace referencia a que es indispensable que no se exija en los estudiantes una respuesta inmediata, pues de hacerlo ésta será automática, poco argumentada y reflexiva. Es importante que, dependiendo del tipo de pregunta, se le dé un tiempo de reflexión y análisis al estudiante, pues es necesario para él recuperar los conocimientos que posee almacenados en su memoria permanente, relacionarlos y construir una idea coherente y que dé explicación o respuesta a la pregunta, situación que es altamente compleja y demandante cognitivamente; razón por la cual es indispensable dicho tiempo.

La técnica de dar instrucciones: ésta hace referencia a que habitualmente en el aula de clases es importante darles a los estudiantes un procedimiento específico a seguir, como pueden ser las normas de seguridad, métodos o técnicas procedimentales. En estos casos, la instrucción se centra en el conjunto de acciones puntuales que el estudiante debe realizar, las cuales pueden o no ser punto de reflexión, lo anterior dependerá del interés y relevancia que considere el profesor. Un ejemplo de ello, puede ser darles a los estudiantes los pasos a seguir para utilizar el microscópico o una pipeta, aquí la instrucción sería el conjunto de acciones específicas que debe hacer el estudiante para usar el instrumento, y dependiendo del profesor y de la técnica a aprender puede ser o no significativo reflexionar dichos pasos a seguir. En el caso anterior, por ejemplo, si no es de interés comprender la forma en que funciona o está construido el instrumento, no es muy significativo reflexionar sobre las instrucciones seguidas (Candela, 2016).

2.4.3. Estrategias.

De acuerdo a Candela (2016), las estrategias son acciones o formas de realizar el proceso de enseñanza, la cual presenta una integración de rutinas y técnicas durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de una disciplina o tópico del currículo escolar. Así mismo, durante dicho proceso, conforme el profesor desarrolla su conocimiento pedagógico del contenido, va integrando al mismo tiempo las estrategias que considera que le permite construir con sus estudiantes los conocimientos de la disciplina que enseña, priorizando en unas más que otras.

En este sentido, el propósito de las mismas dentro de la enseñanza es de servir de herramienta pedagógica para orientar y mediar el proceso de construcción de significados y formas de significar. En otras palabras, es aquel medio que utiliza el profesor para establecer un puente de comunicación con los estudiantes, el cual le permita relacionarse con ellos y el contenido a enseñar, para así asistir a los estudiantes en la construcción de sus conocimientos. Así mismo, el aprendizaje es aquella herramienta que ayuda a los estudiantes a poner en contexto, dar sentido y significado a aquel conocimiento que quieren aprender. En consecuencia, a continuación, se exhibe una de las estrategias presentadas por Candela (2016), la cual es la que está en mayor coherencia con los propósitos de este trabajo:

Predecir, observar y explicar (POE): esta estrategia ha sido reconocida principalmente debido a que permite reconocer el nivel de comprensión que poseen los estudiantes frente a un contenido en específico, mientras se les emprende a tres tareas básicas que permite el desarrollo de su pensamiento concreto. En este sentido, el POE se caracteriza por poseer tres fases a desarrollar por los estudiantes durante el proceso de análisis y reflexión de un fenómeno, contenido o conocimiento. Sin embargo, Candela (2016), propone integrar una fase previa que de apertura al proceso de aprendizaje.

La primera corresponde a la *Concentración*, aquí se introduce el lenguaje social científico que se propone utilizar durante el proceso formativo del estudiante. En este sentido, a través de demostraciones, ejercicios prácticos y/o explicaciones se captura el interés del estudiante frente a aquel conocimiento o fenómeno a observar, se da un contexto general en donde se evidencia dicho fenómeno o contenido, e igualmente se presentan algunas técnicas y métodos procedimentales que les permitan interactuar con dicho fenómeno o contenido a aprender (Candela, 2016).

La segunda concierne a la *Predicción*, aquí se pretende que los estudiantes con base a sus saberes previos construyan una idea que les permita explicar o deducir el comportamiento, sentido o significado de aquel objeto de estudio. En este sentido, en esta parte se potencia las capacidades cognitivas del estudiante, pues pone en juego la recuperación de sus conocimientos, relacionarlos con los datos que poseen y la construcción de una idea hipotética deductiva sobre aquel objeto de estudio. Por tanto, aquí el estudiante establece su idea inicial sobre aquel contenido a aprender, el cual enfrentará y reconstruirá durante el proceso de aprendizaje (Candela, 2016).

La tercera compete a la *Observación*, esta es una estrategia de enseñanza, como una habilidad cognitiva, la cual les permite a los estudiantes entrar en contacto directo con el fenómeno u objeto de estudio. En ella se pretende que el estudiante no solo vea aquel objeto de estudio, sino que realice un proceso mucho más complejo de interacción, pues se espera que a través de todos sus sentidos se comunique con aquel objeto de estudio y extraiga la mayor cantidad de información que pueda percibir. En este sentido, de acuerdo a sus conocimientos y habilidades cognitivas, los estudiantes estarán en capacidad de percibir cierta información más que otra, por lo que es necesario que cuando esta habilidad se emplea como estrategia de enseñanza, el profesor guíe hasta cierta posición los puntos focales en donde el estudiante debe prestar mayor atención. Y de ser necesario, permitirle reconocer eventos que pueden pasar de ser percibidos para un observador novel (Candela, 2016).

La última fase corresponde a la *Explicación*, en ella se pretende que el estudiante relacione sus hipótesis con los datos e ideas que ha construido en las anteriores fases. Por lo tanto, es aquí en donde se concentra el mayor trabajo mental, pues aquí se debe crear un contraste entre la hipótesis y los datos les permite validarla o falsearla de ser necesario, para así construir una interpretación que permita explicar lo acontecido en el fenómeno observado (Candela, 2016). Igualmente, es en esta fase, donde realmente a través de dichas interpretaciones el estudiante logra construir conceptos y conocimientos sobre los fenómenos u objetos observados. Así mismo, durante dicho proceso el estudiante relaciona la información que obtiene del mundo macroscópico con los constructos teóricos que posee del mundo submicroscópico, logrando así establecer una diferenciación e integración de los niveles de representación de los contenidos y fenómenos de las ciencias.

2.4.4. Modelos de enseñanza.

Según Candela (2016), los modelos de enseñanza en las ciencias son una amalgama o composición integra de rutinas, técnicas y estrategias de enseñanza y aprendizaje, las cuales están determinadas o condicionadas por una perspectiva o visión sobre el proceso y la forma en como es construido el conocimiento por los sujetos sociales, o mejor dicho están alineados por una postura pedagógica determinada. Por tal motivo, a continuación, se exhibe uno de los modelos presentados por el anterior autor, el cual está en mayor coherencia con los propósitos de este trabajo.

2.4.4.1. El ciclo de aprendizaje

De acuerdo a Karplus y Thier (1967), el modelo del ciclo de aprendizaje se puede considerar como un sistema iterativo que posee tres etapas principales: la exploración, la introducción y la aplicación. La primera etapa, involucra a los estudiantes en actividades que les permita activar e involucrar sus conocimientos previamente construidos como, por ejemplo, prácticas experimentales, demostraciones, etc. La segunda, permite el proceso de construcción conceptual a través de la interacción entre pares, el profesor, fuentes bibliográficas y otros medios de información, como los videos. Finalmente, en la tercera, los estudiantes con base en los conocimientos que han construido, intentan resolver problemas en diferentes contextos trabajados durante la instrucción. Es decir, el ciclo de aprendizaje es un conjunto integrado por actividades prácticas y mentales, las cuales permiten construir conocimiento procedimental como conceptual.

Por otro lado, en la contemporaneidad, se encuentra un cambio sustancial al ciclo de aprendizaje, llamado 5E, en la cual se consideran cinco fases: Enlazar, Explorar, Explicar, Elaborar y Evaluar. Las dos nuevas fases incorporadas, enlazar y evaluar, son dos elementos considerados para facilitar el aprendizaje y cambio conceptual del estudiante (Roth, 1989). En este sentido, la fase de Enlace permite revelar el conocimiento previo del estudiante y generarle interés. Igualmente, la fase de Evaluación, ayuda al profesor a construir una evaluación del progreso y aprendizaje alcanzado por el estudiante, mientras el mismo analiza y reflexiona su propio proceso (Roth, 1989).

Por otro lado, de acuerdo a Candela (2016), se establecen mejores resultados cuando los contenidos a enseñar y aprender han sido introducidos después de prácticas experimentales. Igualmente, justo después de desarrollar la práctica experimental, el profesor debe generar un debate entre los estudiantes con base en lo encontrado y en sus posibles interpretaciones, pues esto permite que los estudiantes exhiban sus concepciones alternativas y discutan sobre sus nuevas ideas para así construir colectivamente interpretaciones. Esto se debe a que, el propósito del ciclo de aprendizaje es que el profesor permita que el estudiante relacione sus conocimientos previos con las nuevas ideas científicas que construye, para que así las internalice, lo cual le permitirá entender e interpretar los fenómenos naturales.

2.5. TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO

Es preciso mencionar que, para el diseño y desarrollo de un material de enseñanza sobre un tópico específico, se utiliza una metodología de investigación en la que se emplea un conjunto de teorías provenientes de la investigación en el campo de la educación (teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías de la enseñanza por comprensión y la literatura en educación en ciencias) que informa y orienta la toma de decisiones curriculares y de enseñanza pertinentes para dicho material. A partir de la interacción sinérgica entre las teorías mencionadas, que se da durante el diseño del material, es que se originan las teorías de dominio específico sobre el proceso de aprendizaje acerca de un tópico particular y los materiales que fueron diseñados para favorecerlo (Cobb et al., 2003).

En este sentido, las teorías de dominio específico son un conjunto de orientaciones teóricas y metodológicas sobre cómo apoyar a los estudiantes en el aprendizaje de un determinado tópico, considerando los siguientes elementos: serie de ideas que configuran dicho tópico; metas y desempeños de aprendizaje; dificultades/limitaciones, concepciones alternativas; estrategias de enseñanza; formas de representar y formular las ideas; y evaluación formativa del tópico; entre otras (Brown, 1992; Candela, 2016; Cobb et al., 2003; Confrey, 2006; DiSessa & Cobb, 2004). Cabe mencionar, que la articulación sistemática de estos elementos, permite alcanzar la coherencia curricular en el diseño de materiales de enseñanza, fortaleciendo así el proceso de enseñanza y aprendizaje generado en torno a un tópico específico.

Conviene subrayar que este tipo de teorías cobran significado e importancia, cuando se tiene en cuenta el hecho de que permite a otros investigadores y docentes llevar a la práctica los materiales de enseñanza, adaptándolos a su contexto e intereses propios. Lo anterior quiere decir que, al reconocer las características de los estudiantes, las ideas centrales que conforman un tópico, las metas por comprensión, los desempeños por comprensión y la evaluación formativa, los docentes pueden reconocer cómo y de qué forma deben adaptar un tópico particular de ciencias diferente al propuesto sin que se pierda la idiosincrasia de la propuesta de diseño (The Design-Based Research Collective, 2003).

De ahí que, en esta investigación se vea la importancia de realizar un análisis sistemático a las teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías de la enseñanza para la comprensión y la literatura de educación en ciencias, con la finalidad de formular teorías de dominio específico que orienten al docente sobre cómo apoyar el proceso de aprendizaje acerca del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”. Esto deja en evidencia que la enseñanza de un tópico particular no es una cuestión intuitiva, sino que requiere de un proceso de indagación que la sustente, y este tipo de teorías facilitan al docente dicho proceso, fortaleciendo así la realización de prácticas educativas informadas y reflexivas.

2.6. TEORÍAS DE DISEÑO DE ENSEÑANZA POR COMPRESIÓN

La enseñanza para la comprensión (EpC) es una teoría de diseño de enseñanza o metodología docente de eje constructivista, que intenta resolver la constante tarea de los docentes, la cual gira en torno a lograr, que los estudiantes se interesen de forma eficaz por su aprendizaje y así mismo, sepan cómo usar los conocimientos que adquieren en la vida cotidiana. Hay que mencionar que, David Perkins y su equipo de colaboradores, propone un enfoque que conduce a la reflexión docente (Perkins, 2001). Además, esta postura adquiere dominio de forma deliberada para la enseñanza de tópicos específicos, tomando como base las siguientes preguntas fundamentales:

- ¿Qué queremos que nuestros estudiantes realmente comprendan? y ¿por qué?
- ¿Cómo podemos involucrar a nuestros estudiantes en la construcción de estas comprensiones?
- ¿Cómo sabremos nosotros y ellos que sus comprensiones se desarrollan?

Conviene subrayar, que estos cuestionamientos son preguntas desafiantes y a los que más tiempo de reflexión debemos dedicar. Con frecuencia respondemos a estos interrogantes con afirmaciones, tales como: “porque está en el currículo”, “porque puede salir en el examen nacional”, “porque se encuentra en el texto” y demás. Estas afirmaciones, claramente están lejos de atender a inquietudes disciplinarias, en otras palabras, poco tienen que ver con la esencia de la disciplina que se está estudiando.

Así mismo, es indispensable tener en cuenta que la metodología de la enseñanza para la comprensión (EpC), exige un compromiso reflexivo por parte del docente, no solo para la enseñanza de tópicos específicos, sino también para el diseño de materiales de enseñanza. Teniendo en cuenta estos planteamientos, se hace necesaria una restauración de la escuela para que el estudiante pueda reflexionar el contenido aprendido.

2.6.1. Principios teóricos para el diseño de un material de enseñanza por comprensión.

Perkins y Unger (1999) desarrollan cuatro principios teóricos que se pueden utilizar como base para el diseño de materiales de enseñanza de tópicos específicos y de la enseñanza por comprensión:

1. Tópicos generativos
2. Metas por comprensión
3. Desempeños por comprensión
4. Evaluación formativa

Es necesario recalcar que, estos cuatro principios juegan un papel crítico durante el diseño y la enseñanza; sin embargo, muchos profesores/diseñadores no se detienen a reflexionar sobre ellos, factor que lo confirma la literatura basada en la investigación de la enseñanza de las ciencias. De ahí que, la metodología de la enseñanza para la comprensión (EpC), viene demostrando que, en la etapa del diseño hay ausencia de una secuencia reflexiva (Perkins & Unger 1999).

Conviene subrayar, que estos cuatro principios juegan un papel crítico en el diseño y desarrollo de materiales de enseñanza desde la perspectiva de Perkins, sin embargo, él no tomó de manera explícita un principio que representará los elementos contextuales de la institución

donde se implemente el diseño bajo consideración. Por lo tanto, este estudio para el diseño del material de enseñanza, trabajará un quinto principio, el cual hará referencia al contexto y tratará aspectos muy importantes relacionados con el profesor, el estudiante y el contexto. Finalmente, este quinto principio dará cuenta de aspectos de forma particular relacionados con la disciplina ajustada a este contexto particular.

2.6.1.1. Tópicos generativos.

La función del educador debe apuntar a ofrecer contenidos que le permitan a los niños y niñas alcanzar un alto nivel de comprensión, más aún, cuando “muchos de los contenidos del currículo de las disciplinas no parecen ofrecer a los estudiantes ricas oportunidades para alcanzar una comprensión conceptual e integrada” (Candela, 2016, p. 96). En relación con lo anterior, conviene reiterar que debe existir, coherencia entre los contenidos curriculares formulados y los objetivos de aprendizaje, éstos responden al “que enseñar”. Indiscutiblemente, es necesario decir también que, se convierte en un reto para las escuelas lograr que los estudiantes, al hacer el ejercicio de incorporar nuevos conocimientos, se les garanticen una estructura relevante, teniendo en cuenta que, los tópicos específicos no se deben limitar a contenidos, sino que a la vez deben favorecer la adquisición de destrezas y el desarrollo de actitudes críticas ante la ciencia (Coll, 1989).

Perkins y Unger (1999), en la formulación de una teoría de diseño de la enseñanza por comprensión conceptual, enunciaron unos principios o reglas que debe contener un tópico generativo, estos son:

- **Central a un dominio de la disciplina:** con respeto a, el tópico los docentes deben asegurarse que pertenezca al currículo de las ciencias naturales y a su vez con él se debe fortalecer a los estudiantes hacia: la curiosidad, el interés y una posición crítica en un fenómeno.
- **Accesible e interesante para los estudiantes:** un buen tópico generativo debe promover en los estudiantes la participación activa.
- **Interesante para el profesor:** aquí debe prevalecer el interés y buena disposición por el arte de enseñar del educador, que con su experiencia le permita influir para que exista mayor participación, ánimo e imaginación a los estudiantes.

- **Conectable:** un buen tópico generativo no solo, debe estar relacionado con otros tópicos y disciplinas, sino también, propiciar una reflexión que tenga buena conectividad a través de las ideas previas al contexto de los estudiantes.

2.6.1.2. Metas por comprensión.

En este escenario vale la pena resaltar que, las metas por comprensión están enfocadas al conjunto de secuencias, habilidades y tópicos que van actuar de forma simultánea con los resultados que queremos que desarrollen los estudiantes. Habría que decir también, que en un tópico específico es sumamente importante que las metas estén ligadas a la cotidianidad de la vida de los estudiantes. Al mismo tiempo, el diseñador o docente debe formular las grandes ideas que se forman del tópico generativo desde diferentes panoramas, es decir, que el diseñador debe apuntar a la construcción de unas metas claras que enfatizen el objetivo principal del tópico.

2.6.1.3. Desempeños por comprensión.

En este escenario, es importante manifestar que los tópicos generativos y las metas por comprensión acondicionan el ambiente para que los educandos alcancen un aprendizaje por comprensión, es decir, éste brinda a los estudiantes la oportunidad de responsabilizarse del pleno desarrollo de sus desempeños. Es necesario recalcar, que un desempeño tiene dos propiedades claves que son: evidenciar la comprensión que los estudiantes han alcanzado y el progreso que van demarcando posteriormente. En otras palabras, el diseñador debe organizar una secuencia de los desempeños por comprensión de los estudiantes, que le permita a éstos reconocer sus propios ritmos y niveles de comprensión.

Así, los tópicos generativos, las metas por comprensión y los desempeños por comprensión también tienen una serie de criterios, los cuales, de acuerdo a Candela (2016), son:

- **Relación directa con las metas por comprensión:** con respecto a, los desempeños por comprensión deben orientar de forma clara la meta de aprendizaje que se desea lograr con el estudiante de forma progresiva. Puesto que, se deben potencializar sus razonamientos de forma superior.
- **Desarrollo y aplicación de la comprensión a través de la práctica:** los desempeños por comprensión permiten que los estudiantes lleguen a una comprensión progresiva, que inicia

con unas concepciones e ideas alternativas hasta lograr un aprendizaje más desarrollado por medio de actividades.

- **Comprometer múltiples estilos de aprendizaje y formas de expresión:** es decir, que entre las metas de los desempeños por comprensión se debe considerar que existen diferentes estilos de aprendizaje y formas de expresión, que se pueden evidenciar al trabajar en diferentes equipos de discusión monitoreadas por un proceso de análisis permanente.
- **Promover un compromiso reflexivo dentro de las actividades de aprendizaje:** así mismo, los desempeños por comprensión deben brindar la oportunidad a los estudiantes de fundamentar sus aprendizajes de forma crítica y reflexiva. En vista de, que este elemento es muy valioso para el diseño de materiales de enseñanza.
- **Demostrar públicamente la comprensión:** es necesario recalcar que, en los desempeños por comprensión esta acción va a permitir monitorear como ha avanzado el proceso dándole la oportunidad a todos los participantes de saber claramente si se han alcanzados las metas de aprendizaje por comprensión conceptual.

2.6.1.4. Hilos conductores.

Los hilos conductores, son las grandes preguntas que guían el aprendizaje de los tópicos específicos a largo plazo, es decir, son preguntas que han formulado los grandes investigadores del campo de la educación. Dicho de otra manera, el hilo conductor se convierte en una herramienta importante para evidenciar el horizonte entre lo que lo estudiante comprende y lo que le hace falta comprender a lo largo de los diferentes grados de escolaridad.

Se debe agregar que, en muchas ocasiones la escuela tiende a restar importancia a las preguntas que el docente formula. Así que, suponemos tener la respuesta clara a un tópico complejo o de gran profundidad: *“Estas preguntas abarcadoras son las que guían nuestro quehacer en el aula y dan sentido a lo que enseñamos y a lo que los estudiantes aprenden. Son preguntas que deben hacerse públicas y compartidas con todos”* (Blythe, 1999, p. 39).

En la tabla 1 se puede observar de forma más clara los criterios de los hilos conductores.

Tabla 1

Criterios de los Hilos conductores

¿EN QUÉ MEDIDA TIENE USTED PREGUNTAS CLARAS QUE GUÍAN, QUE SON ABARCADORAS, QUE SON CENTRALES EN SU DISCIPLINA?

Abarcadoras	<ul style="list-style-type: none"> • Son preguntas que no se responden con un “sí” o un “no”. • No se responde a corto plazo.
Claras	<ul style="list-style-type: none"> • Se escriben de manera que los estudiantes las comprendan. • Son preguntas motivadoras y llamativas para los estudiantes.
Esenciales	<ul style="list-style-type: none"> • Son centrales a la disciplina.
Públicas	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen en cuenta las dimensiones de la comprensión (conocimiento, método, praxis y formas de comunicación) • Se presentan a los estudiantes y se comentan con ellos. • En ocasiones los estudiantes proponen hilos conductores. • Se hacen explícitas y se despliegan en las paredes del aula.

Nota: Tomado de Barrera y León (2014).

2.6.1.5. Evaluación formativa.

En el marco de la enseñanza por la comprensión (EpC), en esta etapa, debe existir una retroalimentación continua del tópico generativo. Adicionalmente, el docente debe verificar que el estudiante haya logrado una verdadera comprensión. De manera que, aquí su aprendizaje ha estado en capacidad de hacer una explicación, ejemplificación, aplicación, justificación, comparación, contraste, contextualización y generalización. Así mismo, afirma Perkins (2003), cuando entendemos algo no solo sabemos, sino que somos capaces de hacer ciertas cosas con ese conocimiento.

Finalmente, se hace necesario resaltar que cuando los estudiantes logran hacer una reflexión más profunda y revelan la comprensión y el nivel de desarrollo que los profesores han planeado que alcancen, a esto se denomina “actividades de la comprensión”⁴. Al mismo tiempo, es indispensable saber que los estudiantes necesitan comprender, en distintos niveles de complejidad, los diversos campos como: la interpretación de imágenes y textos, las matemáticas, las ciencias, la literatura crítica, y la relación de cada una con su entorno, de forma particular y general.

2.6.2. Niveles de la comprensión.

⁴David Perkins (2003). *La escuela inteligente*. Editorial Gedisa. Pág.81

Los niveles de contenido de la EpC son: El Nivel Ingenuo, Nivel Aprendiz y el Nivel de Maestría. Se debe agregar que, estos no solo hacen referencia a los hechos y rutinas, sino a la argumentación, investigación y a las preguntas que surgen de la disciplina. Es decir, se da importancia a los conocimientos de orden superior y a las investigaciones realizadas en el campo disciplinar en cuestión (Perkins, 2003).

De hecho, los anteriores elementos constituyen una guía importante sobre cómo orientar el proceso de enseñanza y aprendizaje en las actividades planteadas para el tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, de tal modo que promueva en los estudiantes el alcance y desarrollo de los niveles de comprensión correspondientes a dicho tópico. En este sentido, estos niveles funcionan como una especie de pistas oportunas que permiten determinar si los estudiantes están logrando los aprendizajes expresados en las metas por comprensión generales planteadas, al hacer observable el aprendizaje.

Nivel Ingenuo: Conocimiento teórico y procedimental que tiene como proceso de razonamiento y/o habilidades actividades como la descripción, comparación y clasificación. En este sentido, la comprensión conceptual se refiere al poseer y tener almacenada en la memoria una información teórica o procedimental para que el estudiante logre utilizar aquellos saberes y conocimientos que ha construido en la búsqueda y desarrollo de un procedimiento, idea o constructo teórico que permita usar el concepto en situaciones similares. De ahí que, el sujeto se ve enfrentado a una situación real o hipotética, de la cual debe de determinar las variables que están interviniendo en la situación, extraer información de la situación, recuperar conocimientos que estén en relación al mismo. Éste, es un proceso complejo en el que principalmente requiere que el sujeto haya asimilado y acomodado dentro de su constructo teórico unos saberes y conocimientos.

Nivel Aprendiz: Conocimiento teórico y procedimental que se refiere a la ejemplificación y explicación de un contenido en la asignatura. De modo que, aquí el estudiante debe argumentar con base a ideas y constructos teóricos sus hipótesis, pensamientos, conclusiones o explicaciones del fenómeno u objeto de estudio. Por tanto, la comprensión se alcanza en cuanto el estudiante es capaz de enlazar coherentemente sus argumentos en pro de la justificación de aquella idea que sustenta y defiende; así mismo, debe de ser capaz de relacionar causas y efectos en sus explicaciones.

Nivel de Maestría: Conocimiento teórico y procedimental que se refiere al modo en como los estudiantes discuten sus resultados y conclusiones, y finalmente, construyen nuevos conocimientos en la asignatura. Aquí, se presenta un proceso complejo de construcción de hipótesis, argumentos, reestructuración de las hipótesis o conclusiones construidas para el desarrollo de nuevos conocimientos. Así mismo, la comprensión en este nivel se alcanza conforme el estudiante es capaz dentro del acto investigativo de justificar y aplicar sus conocimientos conforme observa y analiza los fenómenos de estudio, y discute con sus semejantes.

2.7. APORTES DE LA LITERATURA DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

Desde la década de los años ochenta, se han realizado investigaciones en educación en química que se centran en especificar las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de esta disciplina. Es así que, con todos estos estudios realizados, se ha logrado constatar que estas limitaciones se deben a que la mayoría de los contenidos en química son de naturaleza abstracta y son representados por un lenguaje sumamente técnico, factores que interfieren para que los niños alcancen una comprensión en los contenidos disciplinares. También, es importante tener presente que el pensamiento de los estudiantes en la etapa de básica primaria, está signado por su sistema sensorial y se basa en todo lo que puede percibir a través de sus sentidos (Gabel, 1999; Russell et al., 1989).

2.7.1. *Dificultades e ideas alternativas del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”.*

Como se ha dicho, las concepciones alternativas que poseen los estudiantes en ciencias se fundamentan desde el punto de vista ingenuo, que son germinados a partir de la percepción con su entorno (Ausubel, Novak & Hanesian, 1987; Vygotsky, 1978). Considerando que, estas ideas ingenuas se fundamentan solo en lo macroscópico, se pueden presentar algunas dificultades, debido a que éstas difieren con las interpretaciones teóricas de los fenómenos estudiados. Posteriormente, dichas ideas van evolucionando y se encaminan hacia un realismo interpretativo, donde con el apoyo de la química se logra descubrir⁵ lo que no se puede percibir sensorialmente.

⁵El pensamiento científico de la mayoría de los estudiantes de la escuela y los primeros años de universidad, está fundado por una concepción de realismo interpretativo (Pozo & Gómez Crespo, 1998).

En particular, en la educación básica primaria los estudiantes para explicar los fenómenos químicos se orientan hacia las propiedades observables de las sustancias como: sólido, líquido o gaseoso; frío o caliente. A pesar de que, los niños detallan las propiedades macroscópicas, al indagar sobre los cambios o transformaciones físicas de las sustancias, se ven reflejadas las limitaciones/dificultades en la comprensión de este tópico de ciencias, debido a que estos tópicos son de nivel submicroscópico (Candela, 2012; Pozo & Gómez Crespo, 1998).

De acuerdo con la literatura consultada, los estudiantes tienen diversas concepciones alternativas y dificultades al momento de aprender acerca de las “Transformaciones físicas de las sustancias”, las cuales influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje llevado a cabo sobre este tópico. A continuación, se presentan varias de las concepciones y dificultades presentadas en los diferentes estudios indagados acerca de ello.

Teniendo en cuenta, la investigación realizada por Murillo Gaviria (2013), en la que se indagaron los conocimientos de un grupo de 30 estudiantes de grado quinto de primaria frente a los conceptos de materia, estados de agregación y cambios de estado, los estudiantes sostienen las siguientes ideas al respecto al Nivel Macroscópico: muchos niños reconocen los estados de agregación de la materia en diferentes situaciones presentadas en imágenes y en los estados del agua, definiendo que son sólido, líquido y gaseoso. No obstante, algunos no hablan de estado sólido, sino que lo llaman hielo, o al estado gaseoso lo denominan vapor o humo, basados en su percepción. Así mismo, dicho grupo sostiene que sólo el agua es materia, ya que para ellos esta es continua, no estableciendo relación con la organización de las partículas, la mayor parte de los estudiantes no reconocen los cambios de estado. Sin embargo, los intentan explicar desde los elementos observados en las imágenes, haciéndolo en su mayoría de manera correcta o parcialmente correcta. Además, son pocos los niños que los relacionan con situaciones de la vida cotidiana, exceptuando la solidificación y de la evaporación.

En cuanto a la solidificación, expresan que el agua se volvió hielo o que es agua congelada, luego de haberla almacenado en el congelador, pero no expresan que el agua se encuentra en estado sólido y consideran que el frío hace que el agua se encuentre en estado frío o congelado, es decir, creen que el frío se puede transferir del congelador al agua para congelarla. Sin embargo, respecto a la interpretación de la temperatura en la evaporación, reconocen que el agua se evapora debido al aumento de temperatura, presentando confusión entre los procesos de

ebullición y evaporación. Muy pocos identifican el cambio de estado de sólido a líquido (fusión). Se basan en lo que les muestra las imágenes para explicar que este cambio sucede cuando el hielo se derrite. Sin embargo, no expresan elementos que lleven a pensar que comprenden la fusión como un cambio de estado. Igualmente sucede con relación a la condensación, pues muy pocos estudiantes la reconocen en fenómenos como el ciclo del agua.

En cuanto al Nivel Submicroscópico la gran parte de los estudiantes reconocen que la materia está formada por partículas y conciben que la materia presenta un estado estático. Pocos estudiantes tienen nociones sobre la organización de las partículas en cada uno de los tres estados de la materia. Sin embargo, no reconocen la existencia de vacío entre las partículas. Con respecto a la teoría cinética molecular de la materia, reconocen que la materia está formada por partículas que no se pueden ver, y que estas se encuentran en movimiento, aunque sobre este último aspecto solo lo aceptan para los estados líquido y gaseoso. La gran mayoría considera que, en el estado sólido, las partículas permanecen estáticas. También se observa que la mayoría de estudiantes les asignan a las partículas propiedades del nivel macroscópico (ej., se consumen, arden, se alborotan, suben y bajan) considerando que cuando el agua se evapora, sus átomos se “gastan”, de modo que cuando el agua termina de evaporarse, quedan muy pocos átomos.

Otra investigación consultada fue la de Fernández et al. (1988), en la que se hace alusión a las ideas sostenidas por 238 estudiantes en relación a los cambios de estado de agregación y las disoluciones, encontrando de interés para la presente investigación que: la vaporización presenta muchas más dificultades para ser entendida como un fenómeno físico que la solidificación por parte de los estudiantes y la existencia de confusión sobre el tipo de fenómeno que experimenta una sustancia cuando se solidifica o se vaporiza.

Finalmente, la investigación de Borsese et al. (1996), en la que participaron 508 estudiantes, aporta las siguientes concepciones de los estudiantes frente a los estados de agregación y cambios de estado: un número importante sostiene que el aumento de masa en la muestra implica un incremento de la temperatura necesaria para producir un cambio de estado, algunos asocian la solidificación a una disminución de la masa de la sustancia, y creen que los efectos térmicos en esta son inexistentes o despreciables; varios estudiantes creen que cuando una sustancia pasa de estado líquido a gaseoso, su composición cambia, algunos opinan que un cambio de estado supone siempre la absorción de energía por parte de la sustancia que lo sufre.

Tomando en cuenta las anteriores concepciones, se observa la tendencia marcada en los estudiantes a concebir la materia en términos macroscópicos, en vez de hacerlo desde su carácter discontinuo o molecular. Por tal razón, continuamente confieren propiedades macroscópicas a los elementos propios del nivel submicroscópico (Murillo, 2013).

Con el objetivo de que los estudiantes logren una la comprensión conceptual del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias” y superen las dificultades/limitaciones, es necesario, tener en cuenta los fundamentos para la enseñanza y aprendizaje de la química, como el pensamiento multinivel, los núcleos y esquemas conceptuales de esta disciplina (Candela & Viafara, 2014). Por tanto, a continuación, se amplían estos elementos.

2.7.2. Niveles de representación en química: La diferenciación e integración de los tres niveles de la Química

Con respecto a la educación en química, se presenta un alto nivel de complejidad en la comprensión conceptual de los tópicos pertenecientes a esta disciplina, debido a que su configuración teórica se fundamenta en el pensamiento multinivel. Así que, los tres niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) deben formar un ciclo iterativo, para que los niños puedan articular estos niveles y alcancen la comprensión de los fenómenos químicos (Johnstone, 1982). Para ilustrar mejor, esta representación que permite a los estudiantes comprender los fenómenos químicos, Johnstone plantea un diagrama donde se observa la interacción de los tres niveles (Ver figura 1).

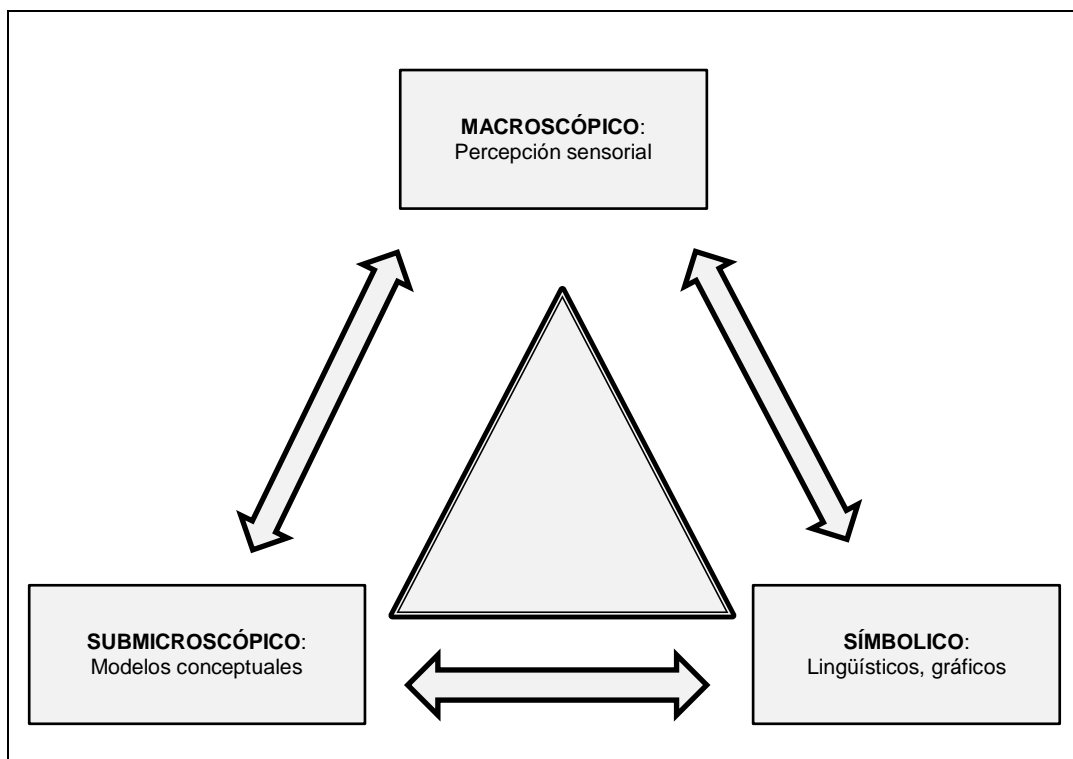


Figura 1. Niveles de Representación. Fuente: Adaptación de Johnstone (1982).

Así, por ejemplo, sucede con el tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, que a pesar de ser un tema interesante para los estudiantes. No obstante, a estos se les dificulta su comprensión conceptual, porque dicha temática tiene un alto nivel de abstracción. Debido a que este tópico pertenece al nivel de representación submicroscópico, como: la discontinuidad de la materia, vacío entre particular y movimiento intrínseco. Como se ha dicho, para lograr que los estudiantes interioricen estos contenidos, se deben diseñar y desarrollar actividades de forma progresiva donde los niveles antes mencionados se acoplen en función de la comprensión del tópico en cuestión (Cataño Pereira, 2016).

Debido a que, los estudiantes no tienen consciencia de la existencia de los distintos niveles de representación de la materia (nivel macroscópico, nivel submicroscópico, nivel simbólico), lo cual les facilita confundirse en torno a los contenidos químicos abordados en el aula con el docente (Johnstone, 2010). Conviene subrayar que, el profesor puede caer en el error de enseñarlos desde lo abstracto e imperceptible para los estudiantes, centrándose únicamente en el nivel submicroscópico o el simbólico, sin abordar el nivel macroscópico que ofrece un marco experiencial al aprendizaje del estudiante. En este sentido, se ve la relevancia de introducir a los estudiantes de grado quinto en el manejo de estos tres niveles de representación en la enseñanza

del tópico en mención, y sobre todo el macroscópico, en el que se les debe dar la oportunidad de comprender los cambios aparentes de las sustancias a través de la experiencia sensorial directa.

Además, de los niveles de representación nombrados, es importante en la educación en química, tener en cuenta los núcleos y los esquemas conceptuales. Ya que, estos dan oportunidad al estudiante, para que progresivamente den sentido a los contenidos tratados en esta disciplina. En el caso del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, los esquemas conceptuales tratados son: interacción, conservación, proporción y correlación. Ahora bien, entre los tres núcleos conceptuales que están inmersos en el tópico a tratar se encuentran: discontinuidad de la materia, conservación de propiedades no observables y relaciones cuantitativas (Candela & Viafara, 2014; Pozo & Gómez Crespo, 1998).

Con la intención de que el estudiante interiorice y de sentido a los núcleos conceptuales de la química, y así mismo, logre evolucionar en los temas vinculados con el tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, se tendrá presente las limitaciones, concepciones alternativas y la etapa en que se encuentran los estudiantes para abordar el contenido tratado y así avanzar hacia un pensamiento científico (Candela & Viafara, 2014).

CAPÍTULO III. HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1. HIPÓTESIS

El diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular del tópico generativo, “Transformaciones físicas de las sustancias”, se logra a través del análisis sistemático realizado a las teorías de la educación de naturaleza general y específica de las ciencias (ej., teorías del aprendizaje, pedagogía general, teorías diseño de la enseñanza y la literatura en educación en ciencias). En este sentido, la interacción deliberada de los anteriores cuerpos de conocimiento genera una serie de teorías de dominio específico que se traducen en la toma de decisiones curriculares e instruccionales, las cuales encarnan conjeturas acerca de la enseñanza y aprendizaje del tópico en cuestión. Desde luego, el diseño de este ambiente de aprendizaje está contribuyendo a disminuir la ruptura existente entre la teoría proveniente de la investigación y la práctica del diseño curricular.

Ahora bien, el diseño del material de enseñanza se realiza desde la perspectiva metodológica del análisis documental, la cual permite hacer una lectura sistemática al conjunto de teorías de orden general y específico que se encuentran alineadas con la enseñanza y aprendizaje del tópico transformaciones físicas de las sustancias. Para ello, el diseño metodológico está configurado en dos fases: (a) construcción del marco teórico que sustenta este estudio, desde el enfoque de la enseñanza para la comprensión de Perkins y Unger (1999) y; (b) generación del conjunto de teorías de dominio específico a partir del desarrollo de los principios formulados por Perkins y Unger (1999), además, de la traducción de dichas teorías en un material de enseñanza en formato digital.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo general

Diseñar un material de enseñanza con coherencia curricular que brinde la oportunidad al estudiante de grado quinto de educación básica primaria para comprender conceptualmente el tópico generativo, “Transformaciones físicas de las sustancias”.

3.2.2. *Objetivos específicos*

- Explicitar elementos teóricos y metodológicos que configuran el enfoque del diseño desde la perspectiva de la enseñanza por comprensión de Perkins.
- Formular un conjunto de teorías de dominio específico para la enseñanza por comprensión del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”.
- Diseñar actividades de aprendizaje informadas a partir de las teorías de dominio específico que asista a los estudiantes en la comprensión conceptual del tópico transformaciones físicas de las sustancias.

3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

3.3.1. *Metodología de investigación.*

La presente propuesta de investigación utilizará la metodología de análisis documental, puesto que, ésta permitirá obtener un análisis detallado de la información que se ha utilizado con el fin de producir un conjunto de teorías de dominio específico, las cuales informarán el diseño de un material de enseñanza por comprensión del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”. Para ello, se analizarán el cuerpo de conocimientos que configuran un conjunto de teorías de naturaleza general, a saber: teorías del aprendizaje; pedagogía general, teorías de diseño de la enseñanza y la literatura de educación en ciencias.

Se debe agregar que la técnica de análisis documental en el campo de la investigación en educación ha empezado a ganar gran importancia, y de forma especial en el diseño de materiales de enseñanza. Puesto que, esta técnica permite a muchos diseñadores llevar a cabo una lectura sistemática al cuerpo de conocimientos sobre la enseñanza y el aprendizaje de un contenido específico, que se encuentran representados en la serie de documentos del campo de la educación.

Desde luego, que la lectura sistemática a las diferentes unidades de muestreo y de contexto, le brinda la posibilidad al diseñador de seleccionar e interpretar el conocimiento que se encuentra alineado con un contenido determinado. Naturalmente, dicha tarea analítica le permite al diseñador extraer de estos marcos teóricos de naturaleza general, los elementos teóricos y

metodológicos más apropiados para la enseñanza y el aprendizaje de un tópico en cuestión, generándose de esta forma un conjunto de teorías de dominio específico o teorías-prácticas, las cuales tienen la función central de informar el diseño y desarrollo de un material de enseñanza.

En este sentido, se toma la decisión de diseñar un marco metodológico constituido por dos fases. La primera fase, tiene como propósito explicitar y representar el marco teórico que sustenta este estudio, el cual va desde los elementos teóricos de los estudios de diseño a los aspectos claves de las teorías del diseño de la enseñanza por comprensión de Perkins y Unger (1999). En cuanto la segunda fase, se focaliza esencialmente en la producción de las teorías de dominio específico y la construcción del material de enseñanza del tópico en particular. Para tal efecto, se desarrollan teóricamente los cuatro principios de Perkins, en compañía con un quinto principio denominado contexto. Al mismo tiempo, la segunda fase tiene como objetivo mostrar los elementos utilizados para el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”.

3.3.2. Análisis de datos.

Alineado con el propósito principal de este estudio el cual se focaliza en el diseño de un material de enseñanza por comprensión con coherencia curricular del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, se toma la decisión de utilizar la técnica de análisis del contenido (Krippendorff, 1990). Así pues, se han seleccionado las unidades de análisis del contenido⁶, las cuales se encuentran categorizadas como: unidades de muestreo, unidades de registro y unidades de contexto, (véase apartados 3.3.2.1. *Primera fase* y 3.3.2.2. *Segunda fase*). Desde luego, para este estudio esta estrategia analítica tiene un papel dual, como enfoque metodológico y heurística de análisis de datos.

Por todo esto, se estructura el análisis de los datos para esta investigación a partir de dos fases, a saber: análisis documental y, análisis de datos para el diseño de un material de enseñanza por comprensión.

⁶Krippendorff, (1990) conceptualiza las unidades de análisis como: a) Unidades de muestreo: son aquellas porciones del universo observados que serán analizadas; b) unidades de registro: son consideradas como la parte de la unidad de muestreo que es posible analizar de manera aislada; c) unidades de contexto: es la porción de la unidad de muestreo que tiene que ser examinadas para poder caracterizar la unidad de registro.

3.3.2.1. Primera fase: análisis documental.

Esta fase tiene como propósito central elucidar los principales elementos teóricos y metodológicos que estructuran de manera general los estudios de diseño de materiales de enseñanza, y de forma particular la perspectiva de diseño de la enseñanza por comprensión de Perkins. Es decir, dicha tarea analítica permite formular las principales secciones que constituyen el marco conceptual del presente estudio de diseño. Para ello, se realiza una rejilla de análisis estructurada con el fin de recoger una serie de información pertinente a partir de un conjunto de ítems, los cuales se originan tanto de la sabiduría que otorga la experiencia como desde de la literatura en educación en ciencias (véase tabla 2).

Tabla 2

Rejilla de análisis para formular los elementos teóricos y metodológicos del diseño de un material de enseñanza

REJILLA DE ANÁLISIS DEL CONTENIDO (unidad de contexto)	
Código: numero-país de origen-año de publicación	Título del artículo o capítulo del libro
01C2016 ⁷	Las teorías del diseño un paradigma clave en las ciencias del diseño educativo
Autor(es)	Nombre del libro o la revista
Boris Fernando Candela Rodríguez	La ciencia del diseño educativo
Categorías	Subcategorías
	Estudio de diseño educativo
	Características del estudio de diseño educativo
	Principios del diseño de un material de enseñanza
Elementos de los estudios de diseño	Principios de la implementación del diseño de un material de enseñanza
	Coherencia curricular como principio de diseño
	Coherencia intracurricular
	Coherencia intercurricular

⁷ Con el propósito de ordenar la serie de rejillas de análisis que permite recoger la información para la primera fase de este estudio, se decide asignarles un código el cual tiene el siguiente significado: número de la rejilla, país y año de publicación. Por ejemplo, el código 01C2016 significa rejilla número 1, país y año de publicación, Colombia 2016.

	Aportes de la literatura en ciencias
	Características de la enseñanza por comprensión (EpC)
	Teoría de la EpC
Teorías de diseño educativo	Principios teóricos de la EpC
	Criterios de la EpC
	Niveles de la comprensión
	Hilos conductores

Nota: Ver Anexo N° 1.

De otra parte, para el desarrollo de dicha tarea analítica se hace necesario delimitar las fuentes documentales de indagación. Así pues, se toma la decisión de seleccionar un conjunto de documentos constituidos por capítulos de libros y artículos de revista, los cuales se encuentran alineados con el problema de investigación. Desde luego, que estas fuentes documentales configuran las denominadas unidades de muestro y contexto que para esta investigación coinciden (véase tablas 3 y 4). En cuanto a las unidades de registro, estas están conformadas por: título, resumen, y cuerpo de conocimiento del documento en cuestión.

Tabla 3

Contenido de la unidad de muestreo

UNIDAD DE MUESTREO	
Fuente	Tema
ARTICULOS REVISTAS	Teorías del diseño educativo
	Enseñanza por comprensión
	Educación en química
CAPÍTULOS DE LIBROS	Teorías de diseño educativo
	Enseñanza por comprensión
	Educación en química

Tabla 4

Contenido de la unidad de contexto

UNIDAD DE CONTEXTO		
Autor(es)	Título del artículo o capítulo del libro	Tema representado
Boris Fernando	Las teorías del diseño un paradigma clave en	• Estudio de diseño educativo
Candela Rodríguez	las ciencias del diseño educativo	• Características del estudio de diseño

		<p>educativo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principios del diseño de un material de enseñanza • Teoría de la enseñanza por comprensión (EpC)
David Perkins	<p>La enseñanza aprendizaje de la EpC y más allá de la teoría EpC.</p> <p>Hacia una pedagogía para la comprensión</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Qué es la comprensión. • Niveles de la comprensión
Robinson Viáfara Ortiz y Boris Fernando Candela	<p>¿Por qué es difícil aprender química?</p> <p>La discontinuidad de la materia, eje fundamental para la enseñanza-aprendizaje de los tópicos del currículo de la química</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aportes de la literatura en ciencias • Dificultades e ideas alternativas del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias” • Niveles de representación en química: La diferenciación e integración de los tres niveles de la Química

Por otro lado, con el fin de llevar a cabo el análisis de la información recogida en las diferentes unidades de muestreo, contexto y registro de esta fase se utiliza la rejilla de análisis (véase tabla 2). Ahora bien, el desarrollo de cada una de las categorías y subcategorías que configuran dicho instrumento se realiza a través de un análisis comparativo entre las propiedades que caracterizan a estas y la idea que representa la unidad de análisis que proviene del texto analizado; es decir, la lectura sistemática y comparativa a este texto permite adscribir unidades de análisis con sentido independiente a cada una de las categorías y subcategorías.

Seguidamente, la información adscripta a las diferentes categorías y subcategorías del conjunto de rejillas desarrolladas en esta fase se vinculan proposicionalmente, con el fin de producir un marco conceptual de referencia, el cual tiene como función orientar la formulación de las teorías de dominio específico del tópico “transformaciones físicas de las sustancias” y, el diseño de un conjunto de actividades de aprendizaje.

De modo que, esta tarea analítica ha permitido elucidar los siguientes elementos que configuran el marco conceptual de este estudio: teorías de los estudios de diseño educativo, la teoría de la enseñanza por comprensión de Perkins, pedagogía general, teorías del aprendizaje, coherencia curricular y la literatura en educación en ciencias (véase tabla 5). En efecto, en el

cuerpo de conocimiento de estos elementos se puede ver claramente la articulación de teorías de naturaleza general y específica a la enseñanza del tópico transformaciones físicas.

Tabla 5

Elementos teóricos que configuran el marco conceptual

ELEMENTOS TEÓRICOS	CONTENIDOS
Estudio de diseño educativo	<ul style="list-style-type: none"> • Características del estudio de diseño educativo • Principios del diseño de materiales de enseñanza • Principios de la implementación de un diseño de un material de enseñanza. • Teorías de dominio específico
Teorías de diseño de enseñanza por comprensión (Perkins)	<ul style="list-style-type: none"> • Principios teóricos para el diseño de un material de enseñanza por comprensión • Tópicos generativos • Metas por comprensión • Desempeños por comprensión • Hilos conductores • Evaluación formativa • Niveles de la comprensión
Coherencia curricular como principio de diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Coherencia intracurricular • Coherencia intercurricular
Teorías del aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Teoría cognitiva • Teoría sociocultural • Teoría del Procesamiento de la información
Pedagogía general	<ul style="list-style-type: none"> • Rutinas • Técnicas • Estrategias • Modelos de enseñanza • El ciclo de Aprendizaje
Aportes de la literatura de la educación en ciencias	<ul style="list-style-type: none"> • Aportes de la literatura de la educación en ciencias • Dificultades e ideas alternativas del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias” • Niveles de representación en química: La diferenciación e integración de los tres niveles de la Química

Adicionalmente, este análisis permite construir una estructura lógica para direccionar la formulación de las teorías de dominio específico al tópico de transformaciones físicas, desde la perspectiva por comprensión de Perkins (véase tabla 6). Así pues, el desarrollo teórico de los cinco principios de diseño permite representar la toma de decisiones curriculares y metodológicas, las cuales se traducen en las teorías de dominio específico, cuyo fin es informar el diseño y secuenciación de las actividades de aprendizaje.

Tabla 6

Principios del diseño de un material de enseñanza por comprensión

PRINCIPIOS DE DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN	
1.	Contexto
2.	Tópicos generativos
3.	Metas por comprensión
4.	Desempeños por comprensión
5.	Evaluación formativa

3.3.2.2. Segunda fase: análisis de datos para el diseño de un material de enseñanza por comprensión.

El análisis de contenido llevado a cabo para la información documentada se realiza a través de una serie de rejillas de análisis desarrolladas en la fase de fundamentación; lo cual, permitió determinar un conjunto de elementos teóricos y metodológicos. Así pues, a nivel general se evidenció que el diseño de materiales de enseñanza de un tópico específico con coherencia curricular debe estar orientado por los marcos que sustentan la línea de investigación de los estudios de diseño, con el fin de comenzar a disminuir la ruptura existente entre la teoría proveniente de la investigación y la práctica del diseño. Adicionalmente, esta tarea analítica dejó ver que el diseño y desarrollo de un material de enseñanza desde la perspectiva de la comprensión de Perkins, viene fundamentado por el desarrollo de los cuatro principios formulados por este educador, en conjunción con un quinto principio referente al contexto (véase tabla 6).

Se debe agregar que, al revisar la literatura que orienta el diseño de un material de enseñanza por comprensión se evidencia, la ausencia de un formato que direcciona el desarrollo de manera sistemática de los cinco principios antes mencionados. En este sentido, se decide

construir un formato, tomando como referencia los elementos teóricos que estructuran los principios antes mencionados, en conjunción con una serie de interrogantes de diseño provenientes tanto de un estudio llevado a cabo por Wiggins y Tigre (2006) citado en Fiore y Leymoní (2007, p. 196), como de la sabiduría que otorga la experiencia (véase tabla 7).

Así, la estructura lógica del formato en cuestión está constituida por cinco principios, que a la vez se encuentran direccionados por una serie de interrogantes que orientan al diseñador en el desarrollo de la formulación del conjunto de teorías de dominio específico al tópico “transformaciones físicas de las sustancias” (véase tabla 7). Naturalmente, que el desarrollo de estos principios viene informado por las teorías tanto de nivel general como específica a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (ej., teorías del aprendizaje, pedagogía general, teorías de la enseñanza por comprensión, literatura en educación en ciencias, entre otras). Finalmente, dicho formato posibilita la representación y documentación del conjunto de teorías de dominio específico al tópico transformaciones físicas, las cuales direccionan la construcción de un material de enseñanza por comprensión conceptual.

Tabla 7

Principios de la enseñanza por comprensión del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”

PRIMER PRINCIPIO: CONTEXTO	
Elementos contextuales	Desarrollo
¿Cuáles son los aspectos disciplinares y pedagógicos que orientan la enseñanza de las ciencias?	
¿Cómo se transforma el currículo estatal en un currículo planeado?	
¿Cuáles son los conocimientos y prerrequisito que apoyan el aprendizaje de las ideas que configuran el tópico generativo?	
Estudiantes	Desarrollo
¿Cuáles son los antecedentes socioculturales de los estudiantes?	
¿Qué expectativas tienen los estudiantes acerca del aprendizaje de las ciencias?	
Docentes	Desarrollo
¿Qué características poseen los docentes del área de ciencias?	
¿Qué creencias y valores tienen los docentes acerca de la enseñanza de las ciencias?	
Restricciones institucionales	Desarrollo
¿Cuáles son las limitaciones estatales?	
¿Cuál es el número de estudiantes por salón?	

¿Qué recursos curriculares disponibles existen en la institución?	
¿Cuál es la intensidad semanal para la enseñanza de las ciencias en la institución?	
SEGUNDO PRINCIPIO: TÓPICO GENERATIVO	
Subcategorías	Desarrollo
¿Cuál es el tópico generativo?	
¿Cuáles son las ideas que configuran el tópico?	
¿Con cuales temas se relaciona el tópico generativo dentro y a través de los grados?	
TERCER PRINCIPIO: METAS POR COMPRENSIÓN	
Subcategorías	Desarrollo
¿Qué comprensiones específicas se trabajarán con los estudiantes?	
¿Qué deberían los estudiantes ser capaces de hacer al comprender el tópico?	
¿Por qué es importante que los estudiantes alcancen una comprensión conceptual de este tópico?	
CUARTO PRINCIPIO: DESEMPEÑOS POR COMPRENSIÓN	
Subcategorías	Desarrollo
¿Qué desempeños tendrá que desarrollar el estudiante para comprender el tópico?	
¿Cuáles son las dificultades y concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes al aprendizaje de este tópico?	
¿Qué elementos de las teorías del aprendizaje informan el diseño de las actividades que le brinden la oportunidad a los estudiantes de desarrollar los desempeños por comprensión?	
¿Qué elementos de la pedagogía general informan el diseño de las actividades de aprendizaje y la enseñanza de este tópico?	
¿Cuáles actividades de aprendizaje brinda la oportunidad a los estudiantes de comenzar a desarrollar los desempeños por comprensión alineado con este tópico?	
QUINTO PRINCIPIO: EVALUACIÓN FORMATIVA	
Subcategorías	Desarrollo
¿Cómo sé que los estudiantes han comprendido el tópico?	
¿Cómo los estudiantes reflexionan sobre su aprendizaje?	

De igual modo que en la primera fase, en esta se utiliza como técnica de recolección de datos el análisis documental desde la perspectiva de Krippendorff (1990), con el fin de alcanzar el segundo y tercer objetivo específico (véase fase dos). Para ello, se maneja como instrumento de recolección de información el anterior formato que representa los cinco principios de la enseñanza por comprensión (véase tabla 7). Desde luego, que las propiedades de cada uno de los ítems que configuran las diferentes secciones del formato en cuestión, orientan al diseñador a lo

largo de la lectura sistemática del conjunto de unidades de muestreo, contexto y registro, las cuales se encuentran alineadas con el diseño del material de enseñanza del tópico “transformaciones físicas” desde la perspectiva por comprensión de Perkins.

Ahora bien, para llevar a cabo dicha tarea analítica se hace necesario clasificar las diferentes fuentes documentales en: unidades de muestreo, unidades de contexto y unidades de registro (véase tablas 8 y 9). Conviene subrayar, que el cuerpo de conocimiento que estructuran a estos documentos se encuentra alineado con los siguientes elementos del diseño de la enseñanza del tópico transformaciones físicas: contexto nacional e institucional, ideas que estructuran el tópico generativo; dificultades y concepciones alternativas; metas por comprensión; desempeños por comprensión; estrategias de enseñanza; actividades de aprendizaje y; estrategias de evaluación formativa.

Tabla 8

Contenido de la unidad de muestreo

UNIDAD DE MUESTREO	
Fuente	Tema
Artículos de revistas	Teorías del aprendizaje
	Pedagogía general
	Educación en química
Capítulos de libros	Teorías del aprendizaje
	Pedagogía general
	Educación en química
Documentos que representan el currículo estatal e institucional de la educación en ciencias	Lineamientos curriculares en educación en ciencias
	Estándares Básicos por Competencias (EBC) en educación en ciencias
	Derechos básicos de aprendizaje (DBA) en educación en ciencias
	Matriz referencial de educación en ciencias
	Proyecto educativo Institucional (P.E.I)
	Plan de área y aula de educación en ciencias

Naturalmente, dicho proceso de diseño genera un conjunto de teorías de dominio específico alineadas con el tópico en cuestión, las cuales representan los elementos de la enseñanza del contenido (ej., tópicos generativos, metas por comprensión, desempeños por

comprensión, estrategias de enseñanza, actividades de aprendizaje, y formas de evaluación formativa).

De otra parte, para el desarrollo de dicha tarea analítica se hace necesario delimitar las fuentes documentales de indagación. Así pues, se toma la decisión de seleccionar un conjunto de documentos constituidos por capítulos de libros y artículos de revista, los cuales se encuentran alineados con el problema de investigación. Desde luego, que estas fuentes documentales configuran las denominadas unidades de muestro y contexto que para esta investigación coinciden (véase tabla 8). En cuanto a las unidades de registro, estas están conformadas por: título, resumen, y cuerpo de conocimiento del documento en cuestión.

Tabla 9

Contenido de la unidad de contexto

UNIDAD DE CONTEXTO		
Autor(es)	Título del artículo de revistas o capítulo del libro	Tema representado
Boris Fernando Candela Rodríguez	Las teorías del aprendizaje y la pedagogía general como marcos que iluminan la toma de decisiones de diseño curricular	<ul style="list-style-type: none"> • Teoría cognitiva • Teoría sociocultural • Teoría del Procesamiento de la información
Boris Fernando Candela Rodríguez	La pedagogía general elemento fundamental para el diseño de ambientes de aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Rutinas • Técnicas • Estrategias • Modelos de enseñanza • El ciclo de Aprendizaje
Boris Fernando Candela, Robinson Viáfara Ortiz	¿Por qué es difícil aprender química? La discontinuidad de la materia, eje fundamental para la enseñanza-aprendizaje de los tópicos del currículo de la química	<ul style="list-style-type: none"> • Aportes de la literatura en ciencias • Dificultades e ideas alternativas del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias” • Niveles de representación en química: La diferenciación e integración de los tres niveles de la Química

Currículo estatal en educación en ciencias a nivel nacional	Estándares Básicos de Competencias (EBC) en ciencias Lineamientos curriculares. Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA)	de en de	<ul style="list-style-type: none"> • Lineamientos curriculares en educación en ciencias. • Estándares Básicos por Competencias en educación en ciencias (EBC) • Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) en educación en ciencias. • Matriz referencial de educación en ciencias
Currículo planeado Institución educativa Ateneo	Proyecto Educativo Institucional (PEI).	Educativo	<ul style="list-style-type: none"> • Características del currículo de ciencias en la Institución Educativa • Plan de área de educación en ciencias • Plan aula de educación en ciencias

CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En seguida, se presentan los resultados obtenidos mediante el proceso de investigación desarrollado bajo las fases metodológicas que constituyen la metodología aquí planteada. Así pues, se lograron dos resultados: 1) el marco metodológico que estructura de manera general los estudios de diseño de materiales de enseñanza y de forma particular la perspectiva de diseño de la enseñanza por comprensión de Perkins; y, 2) la producción de las teorías de dominio específico sobre el tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, con la construcción del material de enseñanza respectivo. De este modo, se completó el proceso de diseño del material de enseñanza por comprensión del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, informado por el conjunto de teorías de dominio específico elaboradas.

En las siguientes secciones, se exponen los principales elementos teóricos y metodológicos considerados durante este estudio, cuya interacción permitió la formulación de las teorías de dominio específico del tópico generativo bajo consideración.

4.1. MARCO METODOLÓGICO PARA EL DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN.

La utilización de la técnica de análisis documental permitió llevar a cabo un análisis detallado del cuerpo de conocimientos, representado en una serie de documentos del campo de la educación, de utilidad para orientar la producción de unas teorías de dominio específico, las cuales se encargaran de informar el diseño del material de enseñanza por comprensión del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”. Dicha tarea analítica permitió formular las principales secciones que constituyen el marco de referencia del presente estudio de diseño. De esta forma, se consolidó el marco metodológico que estructura los estudios de diseño de materiales de enseñanza, desde la perspectiva de diseño de la enseñanza por comprensión de Perkins (véase tabla 10).

Tabla 10

Principales elementos metodológicos que estructuran los estudios de diseño de materiales de enseñanza por comprensión de Perkins.

MARCO METODOLÓGICO PARA EL DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN	
Marco conceptual de referencia	Estudios del diseño educativo
	Coherencia curricular
	Teorías del aprendizaje
	Teorías de la pedagogía general
	Teorías de dominio específico
	Teorías del diseño por comprensión
	Literatura de educación en ciencia

4.2. TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO PARA LA ENSEÑANZA DEL TÓPICO TRANSFORMACIONES FÍSICAS DE LAS SUSTANCIAS

Después de haber examinado las unidades de muestreo y de contexto de esta investigación, se procedió a desarrollar el formato construido aquí para documentar y representar las teorías de dominio específico sobre el tópico generativo estudiado. Cabe resaltar que, la estructura de dicho formato está constituida por una serie de interrogantes, las cuales al ser resueltas brindaron la posibilidad de desarrollar teóricamente los cinco principios de diseño antes explicados, generando así las teorías de dominio específico acerca del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”.

PRIMER PRINCIPIO: CONTEXTO

En este primer principio, se describen los aspectos más importantes del contexto de la Institución Educativa Ateneo, resaltando las características del currículo de las ciencias, los docentes de ciencias naturales y los estudiantes. Dichos aspectos son considerados de gran valor para el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular por comprensión.

**ELEMENTOS
CONTEXTUALES**
DESARROLLO

¿Cuáles son los aspectos disciplinares y pedagógicos que orientan la enseñanza de las ciencias?

El diseño de un material de enseñanza sobre el tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, bajo la perspectiva de Perkins, es una propuesta educativa que busca aportar a la superación de la ruptura existente entre los marcos provenientes de la investigación educativa y la práctica del diseño, mediante la formulación de un conjunto de teorías de dominio específico al tópico generativo ya mencionado. De esta manera, se logrará obtener un diseño con coherencia curricular, la cual se presenta en diferentes niveles, tales como: 1) coherencia en las metas de aprendizaje, 2) coherencia intra-unidad entre el contenido de las metas de aprendizaje, las prácticas científicas y las actividades de aprendizaje, 3) coherencia inter-unidad que da soporte a las conexiones multidisciplinares y las dependencias, 4) coherencia en los estándares de contenido, 5) coherencia en la evaluación 6) coherencia en el lenguaje, 7) coherencia en el material de enseñanza (Candela, 2016).

En relación con los aspectos disciplinares, al revisar la estructura curricular de los Estándares Básicos de Competencias (EBC) en ciencias naturales para precisar los conocimientos asociados al aprendizaje del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, se observa que en el nivel educativo de 1° a 3°, los estudiantes deben abordar temáticas relacionadas con: la descripción y clasificación de objetos de acuerdo a las características percibidas con los sentidos; la identificación de los diferentes estados físicos de la materia; y; la identificación de situaciones en las que ocurre transferencia de energía térmica (Ministerio de Educación Nacional [MEN], 2004). Por su parte, en el ciclo de 4° a 5°, los estudiantes, ya con la comprensión de los temas del ciclo educativo anterior, deberán aprender acerca de la descripción y verificación del efecto de la transferencia de energía térmica en los cambios de estado de algunas sustancias (MEN, 2004), dentro de lo cual se encuentra el tópico generativo seleccionado para el presente diseño, que pretende ser implementado con estudiantes de grado 5° de básica primaria. Finalmente, en cuanto a los niveles superiores pertenecientes al bachillerato, el tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias” aporta para el futuro aprendizaje por parte de los estudiantes de temas como: propiedades de la materia, modelos sobre la estructura de la materia, estados de la materia desde el nivel submicroscópico, termodinámica (MEN, 2004).

De igual manera, en los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) para ciencias naturales se observan los aprendizajes vinculados al tópico generativo en cuestión que los estudiantes deben lograr en la primaria, los cuales son (MEN, 2016):

- Grado 1°: Comprende que los sentidos le permiten percibir algunas características de los objetos que le rodean.
 - Grado 2°: Comprende que las sustancias pueden encontrarse en distintos estados (sólido, líquido y gaseoso).
 - Grado 3°: Comprende la influencia de la variación de la temperatura en los cambios de estado de la materia, considerando como ejemplo el caso del agua.
-

Además, se evidencia la relevancia del tópico seleccionado para potenciar en los estudiantes el alcance de aprendizajes importantes en bachillerato como:

- Grado 6°: Comprende que la temperatura (T) y la presión (P) influyen en algunas propiedades fisicoquímicas (solubilidad, viscosidad, densidad, puntos de ebullición y fusión) de las sustancias, y que estas pueden ser aprovechadas en las técnicas de separación de mezclas.
- Grado 8°: Comprende que en una reacción química se recombinan los átomos de las moléculas de los reactivos para generar productos nuevos, y que dichos productos se forman a partir de fuerzas intramoleculares (enlaces iónicos y covalentes).

De este modo, se puede afirmar que el currículo institucional (planeado) viene en parte, influenciado por los marcos prescriptos por las políticas estatales. Sin embargo, en las últimas reformas curriculares realizadas en Colombia, se ha otorgado la potestad a las instituciones educativas de elaborar sus propios documentos orientadores como: Proyecto Educativo Institucional (PEI), plan de área, plan de aula, modelo de evaluación y proyectos transversales.

De acuerdo con todo lo anterior, se ve la pertinencia de seleccionar, secuenciar y temporalizar el tópico generativo, “Transformaciones físicas de las sustancias”, en dos ideas (véase pregunta 2 del segundo principio) dentro del curso de ciencias naturales en grado 5°, estimando que los estudiantes para ese momento ya han logrado los aprendizajes asociados al tópico en los grados anteriores, los cuales se constituyen en conocimientos prerrequisito para la comprensión del mismo.

Además, con la intención de que los estudiantes comiencen a superar sus concepciones alternativas y a desarrollar ideas más cercanas a las propuestas por la ciencia, se propone el uso de los esquemas conceptuales Interacción de sistemas y Conservación de propiedades no observables (Pozo & Gómez Crespo, 2009) y la diferenciación de los tres niveles de representación de la química (Johnstone, 1982) durante el abordaje de las ideas que componen el tópico generativo en consideración.

Ahora bien, sobre los aspectos pedagógicos, se han tomado ciertas decisiones de enseñanza en el diseño del material educativo, a partir de los antecedentes sociales, culturales, económicos y cognitivos de los estudiantes, y desde las teorías tanto de nivel general como específico a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Respecto a la gestión y organización de la clase, se utilizarán diversas estructuras como 1) Pequeños grupos de discusión, 2) Interactiva y dialógica, 3) Trabajo individual y 4) No interactiva (Tobin, 1997), utilizando en mayor medida las dos primeras, con el fin de posibilitar a los estudiantes una comprensión conceptual e integrada del tópico generativo en cuestión, mediante la transacción de significados y formas de significar. Igualmente, se toma esta decisión con el propósito de dar la oportunidad a los estudiantes de desarrollar y potencializar sus habilidades en las distintas formas de trabajar y construir el conocimiento.

En relación con las actividades de aprendizaje, estas serán diseñadas y secuenciadas de acuerdo al modelo de enseñanza conocido como *Ciclo de Aprendizaje* (Karplus & Thier, 1967). Este se encuentra configurado en tres fases: Exploración, Introducción y Aplicación. La primera fase consiste en llevar al estudiante a tomar conciencia sobre sus concepciones alternativas; la segunda, en darle la posibilidad de modificar

progresivamente sus concepciones hacia unas más cercanas a lo propuesto por la ciencia; y la última, en que el estudiante aplique lo comprendido en otros contextos (Karplus & Thier, 1967).

Conviene subrayar que dichas actividades contarán con tareas que serán organizadas de acuerdo a los niveles de comprensión de Perkins (Ingenuo, Aprendiz y Maestría). Asimismo, se plantea el uso de la estrategia del POE -Predecir, Observar y Explicar- (Gunstone & White, 1981) dentro de las actividades propuestas para la enseñanza del tópico generativo seleccionado en este diseño, pues esta estrategia facilita al estudiante el abordaje de los diferentes fenómenos físicos que hacen parte del tópico en cuestión. Inicialmente, los estudiantes deben realizar inferencias sobre lo que puede suceder. Luego, se los enfrenta al fenómeno para que lo observen, de manera que puedan realizar comparaciones con sus predicciones, y, finalmente, deben establecer relaciones de causa-efecto, con el propósito de comprender el fenómeno.

En relación al nivel de representación en el que se centrarán las actividades de enseñanza del material, estas se desarrollarán bajo el nivel macroscópico. Esto se hará con el fin de introducir al estudiante en el uso de los niveles de representación de la química, de modo que más adelante pueda diferenciar e integrar progresivamente los conocimientos generados en cada uno de estos niveles de representación de la química (Johnstone, 1982).

Cabe mencionar que, en muchas de estas actividades se hará uso de recursos educativos como demostraciones, actividades experimentales, lectura comprensiva de textos, observación y análisis de imágenes, con el apoyo de recursos digitales como videos y animaciones, todo lo cual ayude a los estudiantes a lograr una comprensión conceptual e integrada del tópico generativo.

En el diseño de un material de enseñanza, es necesario tomar una serie de decisiones curriculares y metodológicas, en las cuales incide el sistema de conocimientos, creencias y valores que el diseñador posee. De esta manera, la transformación del currículo estatal en el planeado, se encuentra directamente afectado por dicho sistema.

En esta tarea, el diseñador debe poner en interacción fundamentos como: sus conocimientos, creencias y valores; las prescripciones teóricas derivadas de los documentos que conforman el currículo estatal; los conocimientos propios del campo de la educación alienados con la enseñanza y el aprendizaje del tópico abordado; y el conocimiento del contexto de la institución educativa objeto de estudio.

¿Cómo se transforma el currículo estatal en un currículo planeado?

Como resultado de aquella interacción, se producirá el diseño de un material educativo con coherencia curricular, que contará con herramientas curriculares tanto para el docente como para el estudiante, recogiendo en el diseño diversos elementos importantes como: el análisis conceptual del tópico a enseñar, las ideas centrales del mismo, la descripción del contexto, las concepciones alternativas de los estudiantes, los estándares básicos de competencias, los derechos básicos de aprendizaje, las metas de aprendizaje, los desempeños de aprendizaje, las estrategias pedagógicas y modelos de enseñanza, las actividades de aprendizaje, las formas de formular y representar el tópico seleccionado, y las estrategias de evaluación.

De este modo, se espera que el material de enseñanza posibilite al estudiante lograr una comprensión progresiva del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, de manera que le permita establecer relaciones conceptuales entre las ideas centrales de dicho tópico para darle sentido a los fenómenos naturales

	vinculados al mismo.
	Acerca de los conocimientos previos que son necesarios como fundamento para alcanzar una comprensión conceptual del tópico “Transformaciones Físicas de las Sustancias”, se estima que, según lo dispuesto en los EBC y DBA, los estudiantes deben contar con: ideas sobre la descripción y clasificación de objetos de acuerdo a las características percibidas con los sentidos; nociones sobre la materia; nociones acerca de los estados de agregación de la materia (sólido, líquido y gaseoso); e Ideas sobre la influencia de la temperatura en los cambios de estado de la materia, además, haber comenzado a desarrollar el esquema de conservación de propiedades observables.
¿Cuáles son los conocimientos prerequisite que apoyan el aprendizaje de las ideas que configuran el tópico generativo?	<p>Dichos conocimientos, deben proporcionar a los estudiantes la capacidad de responder adecuadamente a los siguientes cuestionamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo son los objetos que nos rodean? - ¿Cómo podemos percibir los objetos que nos rodean? - ¿De qué están hechos los objetos que nos rodea? <p>Adicionalmente, es importante que el docente haya establecido con los estudiantes el uso de un <i>lenguaje común</i>, acorde a la disciplina (ciencias naturales). Este aspecto se refiere al manejo de un lenguaje en el aula, el cual se construye y comparte a través de la transacción de significados y formas de significar (Candela, 2012). En efecto, resulta fundamental desarrollar este aspecto, ya que permite la comunicación adecuada con los estudiantes, de manera que les facilita la comprensión de las ideas que configuran el tópico abordado en las clases. Conviene subrayar que, para el caso de las ciencias, esta posee un lenguaje basado en los tres niveles de representación: macroscópico, submicroscópico y simbólico (Johnstone, 1982).</p>

ESTUDIANTES	DESARROLLO
¿Cuáles son los antecedentes socioculturales de los estudiantes?	<p>De acuerdo con lo descrito en el Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la Institución Educativa Ateneo, esta es una institución de carácter oficial adscrita a la Secretaría de Educación Departamental del Valle del Cauca. Dicha institución se encuentra ubicada en la zona urbana del municipio de Pradera.</p> <p>Se explica que en un alto porcentaje, los niños y jóvenes que asisten a esta institución provienen de un núcleo familiar desarticulado: madre soltera, ausencia del padre o la madre, en custodia con abuelos o familiares, desplazados, etc. En muchos de los casos sus padres trabajan, motivo por el cual, gran parte del tiempo en el hogar están solos, sin un acompañamiento adecuado para la formación integral de los estudiantes. En otros casos, también en un número relevante, cuentan con padres subempleados o desempleados que no poseen los recursos suficientes para satisfacer las necesidades básicas (alimentación, salud, educación, vivienda, servicios públicos), y con un nivel de escolaridad bajo o nulo.</p> <p>Las anteriores situaciones influyen en el deterioro del clima escolar de la institución y en el rendimiento académico de los estudiantes. De hecho, debido a aquellas dificultades, los estudiantes llegan a la institución con obstáculos de tipo conductual y cognitivo, generándose riñas en la convivencia escolar y problemas de aprendizaje derivados de la falta de atención y apoyo desde el hogar.</p> <p>Vale la pena mencionar que un porcentaje mínimo de los núcleos familiares están constituidos de manera idónea, contando con un nivel de estudios, cultural y socioeconómico que contribuye positivamente en la formación integral de los</p>

estudiantes.

En cuanto el aspecto lingüístico se afirma que los estudiantes, en su mayoría, utilizan un vocabulario pobre para comunicarse con los demás. Asimismo, en general, poseen problemas de escritura referentes a redacción, ortografía y caligrafía. En efecto, se les dificulta expresar sus ideas en forma estructurada, tanto de modo oral como escrito.

Finalmente, cabe anotar que la situación social de la comunidad a la que pertenece la institución, es un reflejo de las problemáticas por las que atraviesa el país actualmente: el desplazamiento, el desempleo, la drogadicción, el sicariato, el trabajo de menores, la violencia intrafamiliar, el alcoholismo, el abandono familiar, entre otras.

En la institución educativa objeto de estudio, se ha identificado mediante el ejercicio de la enseñanza en el aula de ciencias que los estudiantes pertenecientes al grado quinto, con edades entre los 10 y 12 años presentan dificultades en el desarrollo de habilidades científicas, tales como: la observación, la formulación de preguntas, la elaboración de conjeturas o inferencias, el diseño de experiencias para poner a prueba las conjeturas, la realización de mediciones, el registro organizado de datos y la comunicación de resultados.

De ahí que, los estudiantes exhiben serios conflictos para aprender acerca de las ideas propias de las ciencias, considerando además que su pensamiento concreto está dirigido principalmente por ideas intuitivas, y no por los esquemas formales que se necesitan para comprender los tópicos del currículo de esta disciplina. En este sentido, este diseño tiene como uno de los propósitos, que los estudiantes desarrollen o continúen el desarrollo de los esquemas conceptuales de la interacción sistémica y la conservación de propiedades no observables, de manera que puedan comprender el tópico generativo abordado para darle sentido a los fenómenos naturales vinculados al mismo.

¿Qué expectativa tienen los estudiantes acerca del aprendizaje de las ciencias?

Considerando lo mencionado hasta aquí, se ve la relevancia de incorporar en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, el uso de actividades experimentales que promuevan el desarrollo de las habilidades científicas y los esquemas formales de pensamiento. De hecho, el uso de actividades de este tipo concuerda con los intereses y expectativas que los estudiantes poseen frente al aula de ciencias y el aprendizaje de sus contenidos, pues estos estiman aquellas actividades como estimulantes, las cuales les permiten aprender a través de la acción y el trabajo en equipo.

También, los estudiantes consideran que la organización de la clase en estructuras que favorezcan la interacción entre ellos y con el docente, son las más adecuadas para facilitar la comprensión de los conocimientos científicos abordados en el aula, ya que les permite intercambiar diversos puntos de vista al respecto, aprendiendo con mayor efectividad. Por este motivo, resulta fundamental en este diseño el planteamiento de estructuras de clase primordialmente en pequeños grupos de discusión e interacción con toda la clase, durante el desarrollo de las actividades que componen el material.

Hay que mencionar además, que los estudiantes tienen la expectativa de lograr descubrir sus propios talentos y capacidades, a través del trabajo en el aula de ciencias. Por ello, en este diseño se proponen actividades de diferente índole, en las que se trabaje de manera individual y en grupo, pasando por el uso de la lectura, la escritura, la observación de imágenes y situaciones, la argumentación, la formulación de preguntas, las actividades experimentales, entre otras formas de aproximarse al conocimiento científico.

DOCENTES	DESARROLLO
¿Qué características poseen los docentes del área de ciencias?	<p>Todos los docentes del área de ciencias naturales de la educación básica primaria son licenciados, y en su mayoría poseen especializaciones en diferentes campos, como educación en ciencia, gerencia educativa, informática, lúdica y recreación, humanidades, artística, entre otras. Esta situación posibilita la obtención de resultados valiosos en el proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado en el aula de ciencias. Cabe mencionar que, la I.E. Ateneo cuenta con un total de 26 docentes responsables de la enseñanza de las ciencias naturales. Es preciso aclarar que, en el nivel de básica primaria se asigna un docente por grado, mientras que en secundaria se designan los docentes por áreas, teniendo en cuenta el perfil y la especialidad de los mismos.</p> <p>Conviene subrayar que en el PEI de la institución educativa en estudio, se manifiesta como una característica fundamental del docente ser un orientador y facilitador del aprendizaje. Esto se debe a que se concibe la enseñanza como una práctica en la que es importante motivar y dinamizar el aprendizaje, fomentando el espíritu investigativo desde la reconstrucción de saberes.</p> <p>Finalmente, cabe adicionar que la I.E. Ateneo se ha destacado en el desarrollo de proyectos como el PRAE a nivel local y departamental, así como también ha participado en el programa ONDAS de Colciencias. Con ello se pretende acercar a los estudiantes desde edades escolares a la ciencia, la tecnología y la investigación, por lo cual se ha consolidado fuertemente la participación en este programa en secundaria, y se ha comenzado a fortalecer en el nivel de básica primaria.</p>
¿Qué creencias y valores tienen los docentes acerca de la enseñanza de las ciencias?	<p>Se sabe que el conjunto de las creencias y valores que poseen los docentes sobre la enseñanza, afecta de forma directa su toma de decisiones curriculares e instruccionales. En consecuencia, este aspecto resulta fundamental considerarlo al momento de diseñar un material de enseñanza acerca de un tópico específico de las ciencias naturales, que en este caso se refiere a las “Transformaciones físicas de las sustancias”, para unos estudiantes pertenecientes a la básica primaria de grado 5°.</p> <p>Al respecto, se evidencia en los docentes del área de ciencias que, a pesar de contar con una formación académica como licenciados, su práctica en el aula presenta algunas restricciones. Entre ellas, es preciso destacar que no informan esta práctica con los marcos teóricos subyacentes a la enseñanza-aprendizaje de los tópicos que conforman el currículo de las ciencias naturales y la psicología cognitiva y sociocultural, desarrollados en los últimos años. Esto genera como efecto, que los docentes se vean en apuros al momento de apoyar a los estudiantes en la superación de sus dificultades en el aprendizaje de las ciencias, tales como el manejo de los niveles de representación de las ciencias, la comprensión del lenguaje propio de la ciencia y las concepciones alternativas que surgen del pensamiento intuitivo y de sentido común de los estudiantes.</p> <p>Frente a la situación anterior, los docentes se enfocan primordialmente en el aspecto disciplinar, presentando hechos o datos, y para su interpretación utilizan modelos descriptivos y simbólicos que permiten representar los fenómenos naturales, sin realizar una diferenciación e integración entre ellos.</p> <p>Vale la pena subrayar que, en el PEI se señala la posibilidad que da el modelo pedagógico de la institución a los docentes, de llevar a cabo en el aula una enseñanza con un enfoque constructivista que favorezca el desarrollo de habilidades y destrezas, mejorando la efectividad del proceso de construcción de conocimiento. Asimismo, se</p>

da la facultad al docente de tomar sus propias decisiones en cuanto a la reorganización del currículo estatal, lo que le permite en el diseño de su plan de aula seleccionar, secuenciar y temporalizar los tópicos necesarios de enseñar en un año lectivo.

Además, en el PEI se incorporan acciones pedagógicas encaminadas a favorecer el desarrollo de habilidades en los estudiantes como: capacidad para la toma de decisiones, la adquisición de criterios, el trabajo en equipo, la administración eficiente del tiempo, la solución de problemas, y las habilidades para la comunicación, la negociación y la participación. Sin embargo, las posibilidades otorgadas en el PEI de la institución educativa no son aprovechadas de una forma efectiva, a causa del sistema de creencias y valores de los docentes, y del diseño inapropiado de la malla curricular del área de ciencias naturales.

RESTRICCIONES INSTITUCIONALES	DESARROLLO
¿Cuáles son las limitaciones estatales?	<p>Una de las limitaciones más importantes provenientes del currículo estatal, es la falta de coherencia curricular entre los Estándares Básicos de Competencias de Ciencias Naturales, los libros de texto y los materiales de enseñanza. Es decir, entre los instrumentos educativos mencionados existe una ausencia de coherencia con relación a las metas de aprendizaje, las estrategias de enseñanza, los estándares educativos estatales, los métodos de evaluación, los conceptos transversales, las prácticas científicas y los desempeños de aprendizaje. En este sentido, resulta de vital importancia que los diseñadores de las políticas educativas para el área de las ciencias naturales construyan proyectos que permitan superar la dificultad mencionada, diseñando materiales de enseñanza con coherencia curricular dentro y a lo largo de los diferentes grados escolares.</p> <p>Los recursos monetarios destinados a la educación colombiana en el Presupuesto General de la Nación (PGN) del gobierno actual han sido disminuidos de manera importante. Esto parece confirmar, que no existe una real preocupación por contar con una población alfabetizada en aspectos científicos y tecnológicos que impulsen el progreso de este país, lo cual demanda de un apoyo económico significativo a la educación y la investigación en Colombia.</p> <p>De ahí que, resulte contradictorio que las entidades gubernamentales exijan a las instituciones educativas, como la I.E Ateneo, que presenten y sostengan buenos resultados académicos en los estudiantes, reflejados en la presentación de las pruebas estandarizadas nacionales e internacionales, cuando no se atiende de manera prioritaria muchos aspectos importantes, entre los que vale la pena destacar: el nombramiento del número necesario de docentes para una atención adecuada al estudiantado, la asignación de horas extra para los cargos que así lo requieren, la destinación de capital para la construcción de un laboratorio equipado, y la gestión de recursos para el buen funcionamiento de las dependencias de la institución, como la biblioteca Colección Semilla (MEN), el restaurante escolar, el auditorio, la sala de sistemas, entre otros.</p>
¿Cuál es el número de estudiantes por salón?	<p>En el sector oficial, es habitual encontrar instituciones educativas que tienen un promedio de 43 estudiantes por grado. Esta cantidad de estudiantes en un salón, deja muy poco espacio libre, dificultando organizar la clase bajo las estructuras de pequeños grupos de discusión e interactiva dialógica, en las cuales el docente necesita moverse entre los diferentes grupos y/o estudiantes para monitorear su nivel de comprensión o confusión. Además, un número tan alto de estudiantes restringe la posibilidad al docente de diseñar e implementar una enseñanza centrada en el</p>

estudiante.

Frente a ello, el Ministerio de Educación Nacional, mediante el Decreto 3020 de 2002 y la Norma Técnica Colombiana [NTC] 4596 de 1999 (ratificada por ICONTEC y MEN en 2006), ha establecido el número de estudiantes que debe contener un salón, de acuerdo a dos aspectos esenciales. El primero, se refiere al tamaño en metros cuadrados que debe tener un aula para ser un ambiente apropiado de aprendizaje, el cual, según la NTC 4596 (ICONTEC & MEN, 2006), debe ser de 1.2 m² por estudiante en edificaciones ya existentes, y de 1.65 a 1.80 m² en las nuevas construcciones. El segundo aspecto hace alusión al número promedio de estudiantes por docente, el cual de acuerdo con el decreto 3020 (2002, art. 11), es de mínimo 32 en la zona urbana y 22 en la zona rural.

Tomando en cuenta las determinaciones anteriores, para el caso de la Institución Educativa Ateneo, se evidencia que sus salones tienen dimensiones promedio de 36 m², teniendo que atender independientemente el tamaño del grado que ingrese. Con respecto al tamaño de los grados, el grupo más pequeño puede ser de 28 estudiantes, y el más grande de 45, contando en total con 46 grupos en primaria.

En la institución educativa Ateneo se presenta una serie de limitaciones relativas a:

- Poca disponibilidad de espacio para atender las necesidades educativas del estudiantado.
- Deterioro de la infraestructura general de la institución
- Falta de laboratorios de física y química.
- Limitación en la cantidad de materiales para el desarrollo de actividades experimentales, lo que dificulta trabajar estas actividades con un número alto de estudiantes, recurriéndose al uso de material de la cotidianidad y a las demostraciones.

¿Qué recursos curriculares disponibles existen en la institución?

Ahora bien, sobre la disponibilidad de recursos tecnológicos de la información y la comunicación en la institución, cabe decir que cuenta con una sala de sistemas con un número de computadores preciso que, a pesar de ser antiguos, funcionan adecuadamente. Conviene subrayar que, aunque existen ciertas dificultades en el acceso al servicio de internet, este puede ser utilizado para el desarrollo de actividades propuestas en formato digital. En este sentido, resulta oportuno complementar este tipo de actividades con materiales de apoyo en formato impreso (material para el docente y para el estudiante) que permitan, por un lado, respaldar dichas actividades, orientando y potenciando su uso, y por otro, sobrellevar apropiadamente posibles dificultades de tipo técnico con los equipos de cómputo o el servicio de internet.

¿Cuál es la intensidad semanal para la enseñanza de las ciencias naturales en la institución?

La intensidad horaria asignada por el consejo directivo al área de ciencias naturales en la básica primaria de la Institución Educativa Ateneo, es de cuatro horas semanales, las cuales se distribuyen de acuerdo al horario de clases que le corresponde a cada grupo. Es preciso agregar que, a dicha cantidad de tiempo hay que restarle las horas invertidas en actividades como izadas de bandera, actividades culturales y reuniones de diverso tipo, entre otras, lo que puede incidir en la intensidad y la secuencialidad de las clases.

SEGUNDO PRINCIPIO: TÓPICO GENERATIVO

Este principio, hace referencia al proceso de selección de un tópico que impulse en los estudiantes una comprensión conceptual e integrada de las ciencias. En este sentido, se presenta a continuación la sustentación

de la temática, “Transformaciones físicas de las sustancias” como un tópico generativo, el cual está configurado por una serie de ideas centrales necesarias de ser abordadas de manera lógica para lograr la comprensión de dicho tópico, y los temas con los que éste presenta relaciones conceptuales a lo largo del currículo horizontal y vertical de las ciencias.

SUBCATEGORIAS DESARROLLO

¿Cuál es el tópico generativo?

Dentro del diseño de un material de enseñanza sobre un tópico específico, desde la perspectiva por comprensión de Perkins, es necesario considerar la selección de un tópico que dé a los estudiantes la oportunidad de desarrollar un pensamiento de orden superior, aspecto que influye de forma importante en el comportamiento asumido por ellos en el transcurrir de sus vidas (Candela, 2016). Como se puede inferir, en este punto del diseño resulta fundamental pensar sobre qué enseñar, más que en cómo enseñarlo, para lo cual debe lograrse la integración de la teoría de la enseñanza con la propuesta curricular.

En este sentido, Perkins y Unger (1999) desarrollaron una serie de criterios que permiten considerar a un tópico como generativo, es decir, un tópico que ofrezca al estudiante grandes posibilidades de alcanzar una comprensión conceptual e integrada de las ciencias. Dichos criterios son presentados brevemente a continuación:

- **Central a una disciplina:** un tópico generativo debe ser curricularmente estructurado, articulando esquemas conceptuales propios de la disciplina y estableciendo relaciones con otras disciplinas.
- **Accesible e interesante para los estudiantes:** el tópico debe establecer relación con la cotidianidad de los estudiantes, de modo que esto les genere una motivación y un compromiso con su proceso de aprendizaje, propiciando una participación activa por su parte.
- **Interesante para el profesor:** al ser este un aspecto influyente en la toma de decisiones curriculares y de enseñanza que realiza el docente durante el diseño, se considera relevante que el tópico le genere a este un interés y el entusiasmo por enseñarlo, llevándolo a construir representaciones más apropiadas al contexto que medien efectivamente el aprendizaje de dicho tópico.
- **Conectable:** un tópico generativo debe establecer diversas relaciones conceptuales, dentro y a lo largo de los grados, aportando de manera importante a la conformación del currículo horizontal y vertical de la disciplina. Esta conectividad, permite que el tópico se pueda explorar desde distintas dimensiones, con el fin de favorecer una comprensión más profunda acerca del mismo.

Tomando en cuenta lo estipulado anteriormente, se estima que las “Transformaciones físicas de las sustancias” es un tópico generativo, pues cumple con dichos criterios. Esto posibilita que los estudiantes a lo largo de su escolaridad se vayan familiarizando con este tópico.

Así pues, con respecto al primer criterio, el tópico de las transformaciones físicas es considerado central y fundamental de ser abordado en el segundo ciclo de básica primaria, ya que, brinda la oportunidad a los estudiantes de comenzar a construir las bases para la comprensión adecuada de posteriores conocimientos de la química. Adicionalmente, les permite a ellos comenzar a desarrollar el núcleo conceptual de las propiedades no observables (ej. identidad de las moléculas y átomos), elemento crítico en la diferenciación de las transformaciones físicas y químicas. También, el abordaje de este núcleo favorece el desarrollo gradual de esquemas conceptuales de la química

tan importantes como interacción de sistemas, conservación y equilibrio.

Asimismo, este tópico cumple con el segundo criterio, al estar estrechamente vinculado con el mundo cotidiano de los estudiantes. Por ello, se estima que si se plantean actividades de enseñanza que tomen como punto de partida las experiencias cotidianas, es posible llegar a generar en los estudiantes las ganas de indagar y aprender sobre las transformaciones físicas que sufren diversas sustancias en su entorno.

En cuanto al tercer criterio, el docente puede abordar en el aula este tópico de una manera que le permita renovar su práctica de enseñanza, moviendo el interés de transmitir el aspecto disciplinar, hacia la construcción y desarrollo de conocimientos que les posibilite a sus estudiantes pensar y actuar en otros contextos problemáticos fuera del aula (Candela, 2016). Para ello, pueden plantearse actividades de aprendizaje que requieran del uso de habilidades científicas y tomen como base las experiencias del mundo cotidiano.

Con relación al último criterio, es claro que este tópico establece relaciones conceptuales con otros tópicos del mismo grado, como por ejemplo, cambios de estado de la materia y transferencia de energía térmica. Del mismo modo, el tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, tiene relaciones con temas trabajados en niveles inferiores y superiores, tales como la materia, propiedades de la materia, estados de agregación de la materia, modelos sobre la estructura de la materia, estados de la materia desde el nivel submicroscópico, transformaciones o reacciones químicas, ley de la conservación de la materia, termodinámica, entre otros. Vale aclarar que los temas específicos con los que se relaciona este tópico generativo se especifican en la tercera pregunta del segundo principio.

En el diseño de materiales de enseñanza por comprensión, es fundamental llevar a cabo la acción de seleccionar, secuenciar y temporalizar las ideas centrales que estructuran el tópico generativo, dado que dicha acción posibilita organizar el currículo de modo coherente. Cabe mencionar que esta acción permite hacer una integración de los lineamientos educativos señalados en los documentos estatales (EBC, DBA, Matrices de referencia), las metas por comprensión, los desempeños por comprensión, las estrategias de evaluación y el contexto de la institución estudiada, en relación a un tópico generativo que permite pensar y actuar frente a diversos fenómenos naturales dados en la cotidianidad.

¿Cuáles son las ideas que configuran el tópico?

Por esta razón, se presenta a continuación la selección y secuenciación de las ideas para el tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, considerado un tema fundamental en la básica primaria. Vale la pena resaltar que, según la literatura en educación en ciencias, este tópico encarna un nivel de dificultad alto para su aprendizaje por parte de los estudiantes, por lo cual resulta significativo descomponerlo en dos ideas centrales que les permita comprenderlo conceptualmente de manera progresiva. Dichas ideas son las siguientes:

1. *La materia está formada por partículas.*
2. *Las sustancias se encuentran en distintos estados (sólido, líquido y gaseoso), y pueden cambiar de un estado a otro por efecto de la variación de la temperatura y la presión.*

¿Con cuáles temas se relaciona el tópico

La coherencia curricular es un aspecto fundamental a ser considerado en el diseño de materiales de enseñanza, debido a que tiene una incidencia significativa en el alcance

generativo dentro y a través de los grados? de una comprensión conceptual del currículo de las ciencias por parte de los estudiantes. De acuerdo con esto, en el presente diseño acerca de las “Transformaciones físicas de las sustancias”, se ve la necesidad de tomar en cuenta la secuenciación y temporalización de los temas relacionados con el tópico en cuestión, según las edades de los estudiantes, dentro y a través de los grados de escolaridad. Para conocer dicha información, se recurre a la consulta de los EBC, los DBA y las matrices de referencia para Ciencias Naturales, según los cuales, el tópico generativo “Transformaciones Físicas de las Sustancias” se relaciona dentro y a través de los niveles educativos con el desarrollo de los siguientes aspectos:

Primer ciclo. Grados: Primero a Tercero

- Descripción y clasificación de objetos según características percibidas con los cinco sentidos.
- Identificación de los diferentes estados físicos de la materia (líquido, sólido y gaseoso) a partir de sus propiedades básicas, y verificación de las causas para los cambios de estado.
- Identificación de situaciones en las que ocurre transferencia de energía térmica y realización de experiencias para verificar el fenómeno, considerando como ejemplo el caso del agua.
- Utilización de instrumentos convencionales (balanza, probeta, termómetro) para hacer mediciones de masa, volumen y temperatura del agua que le permitan interpretar las experiencias sobre los cambios de estado del agua en función de las variaciones de temperatura.

Segundo ciclo. Grados: Cuarto a Quinto

- Descripción y verificación del efecto de la transferencia de energía térmica en los cambios de estado de algunas sustancias.
- Descripción de la materia en términos de partículas.
- Identificación de la conservación de propiedades observables y no observables como evidencias de las transformaciones físicas.
- Descripción y comparación de las sustancias en los diferentes estados físicos.
- Explicación de los cambios de estado físicos.

Tercer ciclo. Grados: Sexto a Séptimo

- Clasificación y verificación de las propiedades de la materia.
- Descripción del desarrollo de modelos que explican la estructura de la materia.
- Explicación sobre la formación de moléculas y los estados de la materia a partir de fuerzas electrostáticas.
- Identificación de los cambios fisicoquímicos que ocurren en el ciclo del agua.
- Reconocimiento de las propiedades fisicoquímicas que permiten elegir un método de separación adecuado para separar los componentes de una mezcla.

Cuarto ciclo. Grados: Octavo a Noveno

- Descripción de los estados de la materia en función de la organización de partículas y de propiedades específicas.
 - Comparación de sólidos, líquidos y gases teniendo en cuenta el movimiento de sus moléculas y las fuerzas electroestáticas.
-

- Establecimiento de las relaciones entre las variables de estado en un sistema termodinámico para predecir cambios físicos y químicos, y su expresión matemática.
- Justificación de si un cambio en un material es físico o químico a partir de características observables que indiquen, para el caso de los cambios químicos, la formación de nuevas sustancias.
- Predicción de algunas de las propiedades (estado de agregación, solubilidad, temperatura de ebullición y de fusión) de los compuestos químicos a partir del tipo de enlace de sus átomos dentro de sus moléculas.

Décimo a Once

- Establecimiento de las relaciones entre las propiedades y estructura de la materia con la formación de iones y moléculas.
- Justificación de las diferencias existentes entre distintos elementos, compuestos y mezclas.
- Explicación de la transformación de energía mecánica en energía térmica.
- Identificación y uso de modelos químicos para comprender fenómenos particulares de la naturaleza.

TERCER PRINCIPIO: METAS POR COMPRENSIÓN

En este principio, se presentan las metas de aprendizaje que se busca que los estudiantes alcancen durante el abordaje del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, a través de las actividades formuladas para el material de enseñanza diseñado. Dichas metas se exponen de tal forma que expresen de manera explícita, tanto los procesos de razonamiento y/o habilidades a desarrollar, como el contenido disciplinar a abordar con los estudiantes. Es importante resaltar que el conocimiento de estas metas juega un rol esencial en la selección de los métodos de enseñanza más apropiados para el desarrollo de un proceso de enseñanza y aprendizaje por comprensión.

SUBCATEGORIAS DESARROLLO

Las comprensiones específicas que se pretende que logren los estudiantes se encuentran enmarcadas dentro de las metas de aprendizaje o metas por comprensión. Estas metas son enunciados donde se expresan los conceptos más importantes que deben comprender los estudiantes en el área de ciencias, y los procesos de razonamiento y/o habilidades a desarrollar durante el abordaje de un tópico particular en el aula. Naturalmente, estas metas deben plantearse bajo ciertos criterios, como el ser comprensibles, claras, centrales y concretas.

¿Qué comprensiones específicas se trabajarán con los estudiantes?

Considerando que las metas por comprensión deben estar alineadas con los Estándares Básicos de Competencias y los Derechos básicos de Aprendizaje de las ciencias naturales, el docente debe hacer uso de estos documentos de origen estatal para construir dichas metas. Conviene precisar que con dichos documentos se intenta contribuir a la formación del pensamiento científico en los estudiantes y a desarrollar habilidades y actitudes científicas necesarias para explorar fenómenos, eventos y resolver problemas vinculados con la ciencia en sus vidas cotidianas.

Por lo tanto, con la finalidad de plantear las metas por comprensión para el tópico generativo “transformaciones físicas de las sustancias”, se revisaron las metas propuestas desde el Ministerio de Educación Nacional en los EBC y los DBA vinculadas con este tópico para quinto de primaria. A continuación, se presentan las

metas por comprensión que se trabajarán con los estudiantes durante el abordaje del tópico bajo consideración:

- **Estándar del Segundo ciclo de básica primaria grados cuarto y quinto (EBC):** Me ubico en el universo y en la Tierra e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno (MEN, 2004).
- **Enunciado que indica el aprendizaje estructurante (DBA):** Comprende la influencia de la variación de la temperatura en los cambios de estado de la materia, considerando como ejemplo el caso del agua (MEN, 2016).
- **Acciones de pensamiento y de producción concretas:** Comprendo que la materia está formada por partículas; Describo y comparo las sustancias en distintos estados físicos, y explico sus cambios de estado; Identifico la conservación de propiedades observables y no observables como evidencias de las transformaciones físicas; Desarrollo competencias lingüísticas de comunicación que me permitan hablar, leer y escribir adecuadamente; Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco puntos de vista diferentes y los comparo con los míos (MEN, 2004); Cumplo mi función cuando trabajo en grupo, respeto las funciones de otros y contribuyo a lograr productos comunes (MEN, 2004).

Para la comprensión de un tópico generativo como el de las “Transformaciones físicas de las sustancias”, no es suficiente sólo con el desarrollo de un modelo mental idóneo acerca del tópico. Además, resulta indispensable dar la oportunidad a los estudiantes de aplicar dicho modelo en la construcción de explicaciones sobre ciertos fenómenos, y en la solución de problemas en otros contextos, mediante procesos de razonamiento en los que pongan en práctica su comprensión conceptual (Candela, 2016).

De acuerdo con ello, a continuación, se exponen los procesos de razonamiento y/o habilidades que se pretenden que los estudiantes desarrollen durante el abordaje del tópico generativo seleccionado. Es preciso mencionar que, para la determinación de dichos procesos, se tomaron en cuenta los documentos estatales EBC y DBA, en los que se plantean las acciones de pensamiento y evidencias de aprendizaje asociadas a las metas propuestas para el tópico aquí abordado. Así pues, si los estudiantes logran comprender las principales ideas del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, deberían estar en capacidad de realizar los siguientes procesos de razonamiento y/o habilidades, que están vinculados a los niveles de comprensión de Perkins:

¿Qué deberían los estudiantes ser capaces de hacer al comprender el tópico generativo?

Nivel de comprensión	Procesos de razonamiento y/o habilidad
Ingenuo	<ul style="list-style-type: none"> - Describir la materia a nivel macroscópico. - Comparar la organización de las partículas en los diferentes estados de agregación de la materia. - Describir y verificar el efecto de la transferencia de energía térmica en los cambios de estado de algunas sustancias. - Describir y comparar las sustancias en los diferentes estados físicos. - Clasificar materiales de su entorno según su estado (sólidos, líquidos o gases). - Clasificar los cambios de estado que presenta la materia (solidificación, fusión, sublimación, sublimación inversa,

	<p>vaporización, condensación).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Registrar mis observaciones, datos y resultados de manera organizada y rigurosa (sin alteraciones), en forma escrita y utilizando esquemas, gráficos y tablas.
Aprendiz	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar la materia en términos de partículas. - Explicar la reorganización de las partículas en las transformaciones físicas de la materia. - Explicar fenómenos cotidianos en los que se pone de manifiesto el cambio de estado del agua a partir de las variaciones de temperatura. - Identificar y explicar variables que influyen en los resultados de una experiencia. - Interpretar experiencias en las que se analizan los cambios de estado, al predecir lo que ocurrirá con el estado de una sustancia dada una variación de la temperatura. - Formular preguntas a partir de una observación o experiencia y escoger algunas de ellas para buscar posibles respuestas. - Buscar información en diversas fuentes (libros, Internet, experiencias y experimentos propios y de otros...), dando el crédito correspondiente.
Maestría	<ul style="list-style-type: none"> - Justificar la conservación de propiedades observables y no observables como evidencias de las transformaciones físicas. - Utilizar de forma flexible y comprensiva el tópico “Transformaciones físicas de las sustancias” en situaciones de su cotidianidad. - Realizar experimentos modificando una sola variable para dar respuesta a preguntas. - Comunicar, oralmente y por escrito, el proceso de indagación y los resultados obtenidos.
	<p>Estos elementos constituyen una guía importante sobre cómo orientar el proceso de enseñanza y aprendizaje en las actividades planteadas para el tópico abordado, de tal modo que promueva en los estudiantes el alcance y desarrollo de los niveles de comprensión correspondientes a dicho tópico. En este sentido, estos niveles funcionan como una especie de pistas oportunas que permiten determinar si los estudiantes están logrando los aprendizajes expresados en las metas por comprensión generales planteadas, al hacer observable el aprendizaje al docente.</p>
¿Por qué es importante que los estudiantes alcancen una comprensión conceptual e integrada de este tópico?	<p>Ciertamente, la comprensión acerca del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias” por parte de los estudiantes resulta de gran importancia, dado que les brinda la oportunidad de comenzar la construcción progresiva de las bases conceptuales necesarias para la comprensión de conocimientos de la química más complejos, abordados en grados superiores. En este sentido, les permite iniciarse en el desarrollo del núcleo conceptual de la química denominado “Conservación de las propiedades no observables” (ej., identidad de las moléculas y átomos), el cual es fundamental para la diferenciación de las transformaciones físicas y químicas. Además, el abordaje de dicho núcleo favorece el desarrollo gradual de esquemas conceptuales tan importantes como interacción de sistemas, conservación y equilibrio.</p> <p>La complejidad del fenómeno abarcado en este tópico, hace que sea necesario para su comprensión el planteamiento de actividades en las que el estudiante participe activamente, a través de la lectura, la escritura y la oratoria, bajo un proceso de reflexión y discusión con pares, el cual fomente el entendimiento de cómo y por qué</p>

sucede dicho fenómeno. Asimismo, este tópico requiere de la realización de experiencias reales y simuladas que impulsen su comprensión en los estudiantes. Por todo esto, es posible aportar al desarrollo de las habilidades prácticas y de comunicación, a partir de su enseñanza. En relación a las primeras, se puede promover el desarrollo de habilidades como la observación, la toma y uso de datos, desde las actividades experimentales y experiencias. En cuanto a las competencias lingüísticas comunicativas, la enseñanza de este tópico posibilita favorecer el desarrollo de las habilidades necesarias para hablar, leer y escribir adecuadamente. También, se pueden potencializar las habilidades de descripción y explicación de experiencias y fenómenos cotidianos, como las transformaciones físicas.

Finalmente, cabe destacar que el tópico generativo bajo consideración se encuentra relacionado con muchas situaciones de la cotidianidad (ej., derretimiento del hielo, congelación de líquidos, fundición del cobre, calentamiento del vidrio, entre otros) lo que lo convierte en un fenómeno interesante de ser abordado en el aula, tanto para docentes como para estudiantes. Esta característica abre la posibilidad de enseñar este tema desde situaciones cercanas al estudiante que le faciliten la construcción de conocimientos significativos al respecto.

CUARTO PRINCIPIO: DESEMPEÑOS DE COMPRENSIÓN

En este principio, se explicitan los desempeños por comprensión asociados al tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”. Por definición, estos desempeños hacen alusión a actividades cuyo desarrollo por parte del estudiante le permiten poner en juego su comprensión actual acerca de un determinado tópico generativo, y avanzar en la misma, es decir, llegar a comprender mejor dicho tópico. Para ello, estas actividades de aprendizaje deben representar para el estudiante un desafío, que va más allá de la memorización y de tareas rutinarias.

SUBCATEGORIAS DESARROLLO

Es necesario aclarar que los desempeños por comprensión son aquellas actividades que los estudiantes realizan, representando un reto para ellos, al ir más allá de la memorización y la rutina (Perkins, 1999). Así pues, estos desempeños se caracterizan por permitir mostrar la comprensión que tiene un estudiante acerca de algún tópico, y propiciar el avance de dicha comprensión. De esta manera, con los desempeños se pretende que los estudiantes sean capaces de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que saben sobre un determinado tema (Perkins, 1999). Para apoyar su selección, se toman en cuenta una serie de criterios, tales como (Candela, 2016):

¿Qué desempeños tendrá que desarrollar el estudiante para comprender el tópico generativo?

- Relación directa con las metas por comprensión.
- Desarrollo y aplicación de la comprensión a través de la práctica.
- Comprometer múltiples estilos de aprendizaje y formas de expresión.
- Promover un compromiso reflexivo dentro de las actividades de aprendizaje.
- Demostrar públicamente la comprensión.

En concordancia con lo anterior, se plantea que los desempeños por comprensión necesarios de desarrollar por parte de los estudiantes acerca del tópico generativo bajo consideración, se enmarcan dentro de las actividades de comprensión de Perkins (2003), correspondientes a los niveles de comprensión planteados por él mismo.

Nivel de comprensión	Actividad de comprensión	Descripción de actividad
Ingenuo	Descripción	Narración minuciosa de algún fenómeno o

		situación: “Mencione con detalle los elementos observados durante [...]”
	Comparación	Reconocimiento y uso de conceptos o situaciones similares: “Observe las características de las siguientes sustancias y relaciónelas con otras que [...]”
	Clasificación	Ordenamiento de elementos en categorías establecidas a partir de un criterio determinado: “Clasifique estas sustancias según su [...]”
Aprendiz	Ejemplificación	Relación con otros conceptos o situaciones: “Muestre ejemplos de la sustancia observada, aplicados a hechos de la cotidianidad como [...]”
	Explicación	Establecimiento de relaciones de causa y efecto entre las diferentes ideas que representan la comprensión del fenómeno natural: “Explique en sus palabras por qué [...]”
Maestría	Justificación	Determinación de pruebas o evidencias: “Dé pruebas de la ley, realizando experimentos que las sustenten”
	Aplicación	Uso del concepto estudiado para explicar otra situación: “Use la ley para explicar un fenómeno aún no estudiado”

Para apoyar el desarrollo de estos desempeños, es necesario tener claridad sobre las dificultades/ limitaciones y concepciones alternativas que poseen los estudiantes sobre el tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”. Dicho conocimiento permitirá proponer la forma de lograr que estas dificultades y concepciones sean superadas de manera progresiva, alcanzando cada vez el estudiante una mayor comprensión sobre dicho tópico.

¿Cuáles son las dificultades y concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes al aprendizaje de este tópico?

De acuerdo con la literatura consultada, los estudiantes tienen diversas concepciones alternativas y dificultades al momento de aprender acerca de las “Transformaciones físicas de las sustancias”, las cuales influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje llevado a cabo sobre este tópico. A continuación, se presentan varias de las concepciones y dificultades presentadas en los diferentes estudios indagados acerca de ello.

Ideas y concepciones de los estudiantes, vinculadas con las transformaciones físicas de las sustancias

Según la investigación realizada por Murillo Gaviria (2013), en la que se indagaron los conocimientos de un grupo de 30 estudiantes de grado quinto de primaria frente a los conceptos de materia, estados de agregación y cambios de estado, los estudiantes sostienen las siguientes ideas al respecto:

Nivel Macroscópico

- Muchos reconocen los estados de agregación de la materia en diferentes situaciones presentadas en imágenes y en los estados del agua, definiendo que son sólido, líquido y gaseoso. No obstante, algunos no hablan de estado sólido, sino que lo llaman hielo, o al estado gaseoso lo denominan vapor o humo, basados en

su percepción.

- Sostienen que sólo el agua es materia, ya que para ellos esta es continua, no estableciendo relación con la organización de las partículas.
- Presentan una resistencia a entender los gases como sistemas materiales.
- La mayor parte de los estudiantes no reconocen los cambios de estado. Sin embargo, los intentan explicar desde los elementos observados en las imágenes, haciéndolo en su mayoría de manera correcta o parcialmente correcta. Además, son pocos los niños que los relacionan con situaciones de la vida cotidiana, exceptuando la solidificación y de la evaporación.
- En cuanto a la solidificación, expresan que el agua se volvió hielo o que es agua congelada, luego de haberla almacenado en el congelador, pero no expresan que el agua se encuentra en estado sólido.
- Respecto a la interpretación de la temperatura en la evaporación, reconocen que el agua se evapora debido al aumento de temperatura.
- Presentan confusión entre los procesos de ebullición y evaporación.
- Consideran que el frío hace que el agua se encuentre en estado frío o congelado, es decir, creen que el frío se puede transferir del congelador al agua para congelarla.
- Muy pocos identifican el cambio de estado de sólido a líquido (fusión). Se basan en lo que les muestra las imágenes para explicar que este cambio sucede cuando el hielo se derrite. Sin embargo, no expresan elementos que lleven a pensar que comprenden la fusión como un cambio de estado. Igualmente sucede con relación a la condensación, pues muy pocos estudiantes la reconocen en fenómenos como el ciclo del agua.

Nivel Submicroscópico

- La gran parte de los estudiantes reconocen que la materia está formada por partículas.
- Conciben que la materia presenta un estado estático.
- Pocos estudiantes tienen nociones sobre la organización de las partículas en cada uno de los tres estados de la materia. Sin embargo, no reconocen la existencia de vacío entre las partículas.
- Con respecto a la teoría cinético molecular de la materia, reconocen que la materia está formada por partículas que no se pueden ver, y que estas se encuentran en movimiento, aunque sobre este último aspecto solo lo aceptan para los estados líquido y gaseoso. La gran mayoría considera que, en el estado sólido, las partículas permanecen estáticas.
- La mayoría les asignan a las partículas propiedades del nivel macroscópico (ej., se consumen, arden, se alborotan, suben y bajan).
- Consideran que cuando el agua se evapora, sus átomos se “gastan”, de modo que cuando el agua termina de evaporarse, quedan muy pocos átomos.
- Para explicar los cambios de estado, se menciona que las partículas sufren los mismos cambios que se observan a nivel macroscópico.
- Pocos reconocen que, según el grado de movilidad y disposición entre las partículas, las sustancias pueden adoptar una forma sólida, líquida o gaseosa, debido al aporte o eliminación de energía térmica.

Otra investigación consultada fue la de Fernández et al. (1988), en la que se hace alusión a las ideas sostenidas por 238 estudiantes en relación a los cambios de estado de agregación y las disoluciones, encontrando de interés para la presente investigación que:

- La vaporización presenta muchas más dificultades para ser entendida como un fenómeno físico que la solidificación por parte de los estudiantes.
- Existe confusión sobre el tipo de fenómeno que experimenta una sustancia cuando se solidifica o se vaporiza.

Finalmente, la investigación de Borsese et al. (1996), en la que participaron 508 estudiantes, aporta las siguientes concepciones de los estudiantes frente a los estados de agregación y cambios de estado:

- Un número importante sostiene que el aumento de masa en la muestra implica un incremento de la temperatura necesaria para producir un cambio de estado.
- Algunos asocian la solidificación a una disminución de la masa de la sustancia, y creen que los efectos térmicos en esta son inexistentes o despreciables.
- Varios creen que cuando una sustancia pasa de estado líquido a gaseoso, su composición cambia.
- Algunos opinan que un cambio de estado supone siempre la absorción de energía por parte de la sustancia que lo sufre.

Dificultades en el aprendizaje de las “Transformaciones físicas de las sustancias”

Tomando en cuenta las anteriores concepciones, se observa la tendencia marcada en los estudiantes a concebir la materia en términos macroscópicos, en vez de hacerlo desde su carácter discontinuo o molecular. Por tal razón, continuamente confieren propiedades macroscópicas a los elementos propios del nivel submicroscópico (Murillo, 2013).

Lo anterior, es un reflejo del hecho que los estudiantes no tienen consciencia de la existencia de los distintos niveles de representación de la materia (nivel macroscópico, nivel submicroscópico, nivel simbólico), lo cual les facilita confundirse en torno a los contenidos químicos abordados en el aula con el docente (Johnstone, 2010). Conviene subrayar que, el profesor puede caer en el error de enseñarlos desde lo abstracto e imperceptible para los estudiantes, centrándose únicamente en el nivel submicroscópico o el simbólico, sin abordar el nivel macroscópico que ofrece un marco experiencial al aprendizaje del estudiante. En este sentido, se ve la relevancia de introducir a los estudiantes de quinto de primaria en el manejo de estos tres niveles de representación en la enseñanza sobre las transformaciones físicas de las sustancias, y sobre todo el macroscópico, en el que se les debe dar la oportunidad de comprender los cambios aparentes de las sustancias a través de la experiencia sensorial directa.

Otra dificultad importante identificada en el proceso de enseñanza y aprendizaje sobre el tópico bajo consideración, es que los estudiantes no poseen una teoría global sobre la naturaleza de la materia, sino que sostienen teorías específicas para cada uno de sus estados de agregación. Esto significa que cuando las formas de organización de la materia cambian, y por lo tanto se modifica su apariencia en el mundo macroscópico (adoptando el aspecto de un gas, un líquido o un sólido), las representaciones también cambian para cada caso (Gómez Crespo, Pozo & Gutiérrez, 2009).

Con la intención de apoyar a los estudiantes en el desarrollo de los desempeños por comprensión particulares del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, se han tenido en cuenta algunos elementos de las grandes teorías que dan cuenta de cómo las personas aprenden. Una de estas es la teoría cognitiva, de la que se tomaron los planteamientos de Piaget acerca de los procesos de asimilación y acomodación. Estos dos constructos permiten tener presente que los estudiantes poseen estructuras cognitivas internas, a través de las cuales extraen información y construyen sus significados acerca del objeto o fenómeno que estudian, e integran dichos significados con los conocimientos y modelos que poseen previamente al respecto. De ahí que, se advierta la importancia de promover durante la enseñanza de un determinado tópico el establecimiento de relaciones conceptuales entre las temáticas abordadas, que les dé la posibilidad a los estudiantes vincular el nuevo saber a toda la estructura conceptual que ya poseen.

¿Qué elementos de las teorías del aprendizaje informan el diseño de las actividades que le brinden la oportunidad a los estudiantes de desarrollar los desempeños por comprensión?

La teoría sociocultural es otra de las teorías de la que se tomó elementos valiosos para el diseño elaborado en esta investigación. De acuerdo con Vygotsky, el aprendizaje en los niños se potencia en la interacción social, ya que la realización compartida de actividades les da la oportunidad de que interioricen las estructuras de pensamiento y de comportamiento de aquellos que les rodean, apropiándose de estas. En este punto, el autor destaca el papel fundamental que representa el lenguaje en el proceso de aprendizaje, al ser este el que establece las condiciones en las que los individuos interactúan e interpretan su entorno. En este sentido, se considera que los niños adquieren un mayor progreso en la adquisición del lenguaje al comunicarse con sus iguales, logrando así una conexión entre pensamiento y lenguaje que los conlleva a reflexionar y manifestar sus juicios de forma coherente.

De esta forma, a partir de dichos elementos se ve la necesidad de incentivar la participación proactiva de los estudiantes en su proceso de aprendizaje y la interacción entre ellos, al ser el desarrollo cognitivo fruto de un proceso colaborativo. Además, permite entender que el rol del docente es dar apoyo, dirección y organización al aprendizaje de los estudiantes, con el fin de ayudarles a cruzar la zona de desarrollo proximal (ZDP), de modo que ellos progresen adecuadamente en la formación y consolidación de sus nuevos conocimientos y aprendizajes.

Por otra parte, la teoría del procesamiento de la información también otorga elementos importantes para el diseño de las actividades del material de enseñanza, pues hace énfasis en que estas permitan que los estudiantes procesen la información de forma eficiente y eficaz. Para ello, se sostiene que es importante no sobrecargar su memoria de trabajo, la cual se encarga de almacenar temporalmente la información percibida mediante los sentidos. Así pues, el planteamiento adecuado de las actividades de enseñanza, demanda que la nueva información que se presenta a los estudiantes esté relacionada con la que ya tienen guardada en su memoria a largo plazo, lo cual posibilitara que aquella nueva información se almacene en esta memoria y sea más comprensible y empleada de forma efectiva.

¿Qué elementos de la pedagogía general informan el diseño de las actividades de aprendizaje y la enseñanza de este tópico?

El cuerpo de conocimientos acerca de la pedagogía general es considerado clave para el diseño de las actividades que componen el material de enseñanza, ya que brinda la posibilidad al docente-diseñador de seleccionar las estrategias de enseñanza que mejor se ajusten a la naturaleza del contenido a enseñar (Abell et al., 2010, citado en Candela, 2016, p. 122). En este sentido, la pedagogía general tiene que ver con la serie de rutinas, técnicas, estrategias y modelos de enseñanza que puede utilizar el docente para gestionar su práctica educativa en el aula, con el fin de apoyar a sus estudiantes en la construcción e interpretación conceptual de un determinado tópico

del currículo de las ciencias. Conviene subrayar que, este cuerpo de conocimientos se deriva de la investigación y la literatura en educación, al contrario del conocimiento pedagógico personal, el cual proviene de las creencias personales y la experiencia práctica personal (Morine-Dershimer & Kent, 1999).

Ahora bien, los elementos que se tomaron de la pedagogía general para el caso particular del diseño de un material de enseñanza sobre las transformaciones físicas de las sustancias fueron:

- *Rutinas*

Levantar la mano en clase: Sirve como herramienta administrativa del diálogo entre el profesor y los estudiantes al momento de realizar una discusión en clase, y/o cuando uno o más estudiantes presentan una duda o punto de vista que quieren compartir con el colectivo áulico.

Organizar el aula de clase: Alude a la forma como los estudiantes disponen sus asientos en el salón, atendiendo a la configuración que el docente ha definido al inicio de la clase. Cabe mencionar que se puede organizar el aula de cuatro formas: interacción con toda la clase, no interactiva, en pequeños grupos de discusión, y trabajo individual. La selección de una forma u otra dependerá de la postura pedagógica del docente, y del objetivo y el tipo de actividad a desarrollar.

Transacción en la clase: Tiene que ver con favorecer la interacción persona a persona en el aula, haciendo posible que los miembros de la comunidad áulica compartan, negocien e interaccionen con el lenguaje cotidiano y científico que llevan al aula. Además, en esta rutina el docente tiene la responsabilidad de monitorear en cada estudiante o grupo de trabajo el nivel de comprensión y confusión que han alcanzado hasta el momento, e intervenir en los casos que sea necesario, negociando significados y formas de significar el conocimiento que se intenta construir.

Distribuir los materiales curriculares en la clase: Se refiere a encargar a un estudiante por grupo de la tarea de distribuir y manejar los materiales curriculares a utilizar en una actividad, con la finalidad de crear un sentido de responsabilidad en dicho estudiante y agilizar la entrega de los materiales.

- *Técnicas*

Explicar una idea: Se emplea esta técnica cuando se quiere dar a entender algún elemento conceptual que posee un alto grado de abstracción y que es difícil que los estudiantes comprendan por sí solos, siendo necesario que el docente dé las orientaciones pertinentes sobre cómo entender dicho elemento. Es preciso señalar que, para un uso provechoso de esta técnica, las explicaciones deben ser claras, darse con poca frecuencia, ser poco extensas, y brindarlas después de generar una necesidad de conocimiento en los estudiantes, con la intención de no quitarles el protagonismo en el proceso de construcción de conocimientos en clase.

Formular preguntas: Esta técnica permite determinar tanto el nivel de comprensión y confusión de los estudiantes, como generar un ambiente de discusión e interpretación de un elemento conceptual puesto en reflexión. En este sentido, se deben tener en cuenta tres elementos principales al momento de emplear esta

técnica: 1) el tipo de pregunta (abierta o cerrada), 2) la distribución de las preguntas (dirigirlas a toda la comunidad áulica y no sólo a algunos estudiantes) y, 3) el tiempo de espera (dar un pequeño tiempo al estudiante para responder).

Dar instrucciones: Es una técnica que se utiliza con mucha frecuencia en el aula para indicar a los estudiantes los procedimientos específicos a seguir en una actividad. Se centra en el conjunto de acciones puntuales que el estudiante debe de realizar, pueden o no ser punto de reflexión, dependiendo de lo que se busca con la realización de dichas acciones.

- *Estrategia Predecir, observar y explicar (POE)*

Es importante destacar que la estrategia POE permite reconocer el nivel de comprensión que poseen los estudiantes frente a un tópico específico, a medida que ejecutan tres tareas básicas que promueven el desarrollo del pensamiento concreto: Predecir, Observar y Explicar. En este sentido, esta estrategia se caracteriza por desarrollarse en tres fases que se corresponden con dichas tareas; aunque, Candela (2016) propone integrar una fase previa de apertura al proceso de aprendizaje.

1) **Concentración:** Se introduce a los estudiantes en el lenguaje social científico que se va a utilizar durante el proceso de enseñanza y aprendizaje sobre el objeto de estudio. Aquí se busca capturar el interés del estudiante frente al conocimiento o fenómeno a estudiar, dando un contexto general en donde se evidencia dicho fenómeno en situaciones de la realidad.

2) **Predicción:** Se pretende que los estudiantes, haciendo uso de sus conocimientos previos, construyan una idea que les permita explicar o deducir el comportamiento, sentido o significado de aquel objeto de estudio. Aquí el estudiante establece su idea inicial sobre aquel contenido a aprender, que enfrentará y reconstruirá durante el proceso de aprendizaje.

3) **Observación:** Permite a los estudiantes entrar en contacto directo con el objeto de estudio. Aquí se procura que el estudiante no solo vea el objeto de estudio, sino que realicen un proceso mucho más complejo de interacción, en el cual todos sus sentidos, conocimientos y habilidades cognitivas le permitan interactuar con aquel objeto de estudio y extraer la mayor cantidad de información que le sea posible percibir. Es fundamental la orientación de la observación por parte del docente, quien puede indicar los puntos focales en los cuales se debe prestar mayor atención.

4) **Explicación:** Se busca que los estudiantes relacionen sus hipótesis con los datos e ideas que han construido en las anteriores fases. Aquí se concentra el mayor trabajo mental, dado que el estudiante debe crear un contraste entre su hipótesis y los datos obtenidos durante el proceso, de tal forma que valide o falsee dicha hipótesis, construyendo así conocimientos que le permitan explicar lo acontecido en el fenómeno u observado. Asimismo, es aquí donde necesariamente el estudiante relaciona la información que obtiene del mundo macroscópico con los constructos teóricos que posee del mundo submicroscópico, logrando así establecer una diferenciación e integración de los niveles de representación.

- *Modelo de enseñanza Ciclo de Aprendizaje*

De acuerdo con Karplus y Thier (1967), este ciclo se puede considerar como un sistema iterativo que posee tres etapas principales: la exploración, la introducción y la

aplicación.

1) **Exploración:** 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 con toda la clase, entre otras.

2) **Introducción:** 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 la interacción entre pares, el profesor, las fuentes bibliográficas y otros medios de información, como los videos.

3) **Aplicación:** Está dirigida hacia la aplicación de aquel conocimiento que ha comenzado a evolucionar en la solución de nuevos problemas en diferentes contextos al trabajado durante el proceso de enseñanza.

El diseño de las actividades de enseñanza del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, se divide en dos ideas centrales que les permite a los estudiantes lograr una comprensión conceptual de manera progresiva del contenido. Dichas ideas son:

1. *La materia está formada por partículas.*
2. *Las sustancias se encuentran en distintos estados (sólido, líquido y gaseoso), y pueden cambiar de un estado a otro por efecto de la variación de la temperatura y la presión.*

Es importante señalar que, cada una de estas ideas se desarrolla bajo tres fases que se corresponden con las etapas del Ciclo de aprendizaje: *Exploración*, *Introducción* y *Aplicación*. A su vez, cada fase cuenta con actividades acordes a la intención que se tiene con el desarrollo de la respectiva fase. De este modo, se pretende que los estudiantes desarrollen los desempeños por comprensión, y, por lo tanto, las metas por comprensión planteadas para el tópico generativo bajo estudio. A continuación, se presentan las actividades de aprendizaje planteadas para abordar cada una de ideas mencionadas.

¿Cuáles actividades de aprendizaje brindan la oportunidad a los estudiantes de comenzar a desarrollar los desempeños por comprensión alineados con este tópico?

Primera idea central: La materia está formada por partículas

❖ **Fase de Exploración**

Actividad de evaluación diagnóstica

Actividad 1- Las transformaciones del agua

❖ **Fase de Introducción**

Actividad 1- ¿De qué está formado todo lo que nos rodea?

Actividad 2- ¿Cómo se organizan las partículas en sólidos, líquidos y gases?

❖ **Fase de Aplicación**

Actividad 1- Exploremos con materiales cotidianos

Actividad 2- Concluamos sobre la composición de la materia

Segunda idea central: Las sustancias se encuentran en distintos estados (sólido, líquido y gaseoso), y pueden cambiar de un estado a otro por efecto de la variación de la temperatura y la presión.

❖ **Fase de Exploración**

Actividad 1-Viaje al desierto de la Tatacoa

❖ **Fase de Introducción**

Actividad 1- Los estados de la materia

Actividad 2- ¿Cómo se producen los cambios de estado que sufre la materia?

Actividad 3- La temperatura del agua en diferentes estados

Actividad 4- *¿Cuáles son los cambios de estado que sufre la materia?*

Actividad 5- *El efecto de la presión en los cambios de estado*

Actividad 6- *Propiedades de los cambios de estado*

❖ **Fase de Aplicación**

Actividad 1- *Los estados sólido, líquido y gaseoso de la materia*

Actividad 2- *¿Cómo suceden los cambios de estado?*

Actividad 3- *¿Qué cambios de estado se dan?*

Actividad 4- *Y ahora... ¡A experimentar al laboratorio!*

Actividad de evaluación final

Con respecto a los recursos educativos empleados, cabe mencionar que se hace uso de herramientas digitales. Por tal motivo, se optó por crear un sitio Web, cuyo URL es: <https://cienciasnat.wixsite.com/transforma-fisicas>. En este sitio, se ha compilado el material de enseñanza que se obtuvo como producto del estudio de diseño realizado. Además, se pone a disposición de los usuarios dos materiales adicionales importantes: Material del Docente y Material del estudiante. Esto se hace con la finalidad de orientar la implementación de este material de enseñanza en el aula y apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje del tópico generativo abordado.

QUINTO PRINCIPIO: EVALUACIÓN FORMATIVA

Es un principio clave a tomar en cuenta en el proceso de enseñanza y aprendizaje del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, dado que brinda al docente la posibilidad de monitorear de manera constante el nivel de comprensión, confusión y compromiso de los estudiantes durante dicho proceso. Así, se pueden identificar los avances y las dificultades de los estudiantes, y tomar las decisiones de enseñanza necesarias para crear oportunidades de aprendizaje que promuevan el manejo de los desempeños por comprensión vinculados al tópico abordado.

SUBCATEGORIAS DESARROLLO

¿Cómo sé que los estudiantes han comprendido el tópico?

La valía de la evaluación formativa reside en que permite monitorear, durante todo el proceso de enseñanza y aprendizaje, el nivel de comprensión y confusión presentado en cada una de las ideas abordadas sobre un tópico específico (Candela, 2016). Es preciso destacar que el propósito de este tipo de evaluación no es sólo conocer lo que saben y han aprendido los estudiantes, sino también apreciar su evolución desde un punto de partida, sus avances y dificultades, para orientarlos progresivamente hacia el desarrollo de un pensamiento más sofisticado. En efecto, este conocimiento le dará la posibilidad al docente de tomar nuevas decisiones curriculares e instruccionales para reorientar la enseñanza, con el propósito de que sus estudiantes puedan comprender cada vez mejor el tópico específico abordado en el aula (Candela, 2012).

Lo anterior implica que el docente por medio de esta evaluación, puede generar oportunidades de aprendizaje en las que los estudiantes movilicen sus conocimientos para enfrentar situaciones problemáticas relacionadas con un tópico específico. De esta manera, el docente puede realizar un seguimiento para saber si el estudiante comprende, no comprende, por qué no comprende y qué hacer para que aquél que no entienda pueda superar sus dificultades (Candela, 2012).

De acuerdo con esto, esta evaluación se convierte en una base para poner en práctica y promover el desarrollo de los desempeños por comprensión planteados para el tópico bajo consideración. Así pues, se hace indispensable estimar todos los procesos realizados en las actividades planteadas, las cuales han favorecido una importante retroalimentación. En consecuencia, el docente debe realizar un juicioso seguimiento de los logros de los estudiantes que le permita dar cuenta del desarrollo de los

desempeños por comprensión propuestos.

Según Perkins (1999), la comprensión de un tópico se logra cuando se puede pensar y actuar con flexibilidad desde lo que se sabe. O, dicho de otro modo, se ha comprendido cuando se tiene la capacidad de efectuar los desempeños por comprensión específicos del tópico, realizando descripciones, interpretaciones, ejemplificaciones, explicaciones, justificaciones, y haciendo un uso práctico de los aprendizajes en el contexto cotidiano.

Entonces, para establecer si a lo largo de la participación de los estudiantes en las actividades que constituyen el material de enseñanza, ellos han desarrollado los desempeños por comprensión pertinentes y comprendido el tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, se plantean las siguientes estrategias, que favorecen la ejecución de un proceso de evaluación formativa:

- Organización de las clases en estructuras de pequeños grupos de discusión e interactiva (Tobin, 1997), que favorecen la comunicación y el trabajo en equipo entre pares, además de la interacción con el docente.
- Interacción del docente con sus estudiantes en mayor medida bajo el discurso dialógico, en el que haga un uso importante de la técnica de formular preguntas (prediseñadas o no) (Candela, 2016).
- Formulación de las actividades dentro de un contexto mayormente macroscópico, en el cual se desarrollen habilidades y procesos de razonamiento como descripción, comparación y clasificación. También, planteamiento de algunas actividades dentro del contexto submicroscópico, que promueva en los estudiantes procesos de explicación, justificación y aplicación acerca de lo aprendido.
- Producción escrita, en forma tanto individual como colectiva.
- Realización de una prueba inicial y una final, de manera que se pueda evidenciar la evolución de cada estudiante desde su estado inicial de conocimientos al estado final, luego de haber participado activamente en las actividades de enseñanza propuestas.

Naturalmente, dichas estrategias hacen posible dar cuenta del desarrollo de los desempeños por comprensión formulados para cada una de las ideas en las que se dividió la enseñanza del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”. En este sentido, dichos desempeños funcionan aquí como criterios de evaluación, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Ideas centrales	Criterios de evaluación	
1) <i>La materia está formada por partículas.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Describo la materia a nivel macroscópico. - Explico la materia en términos de partículas. - Comparo la organización de las partículas en los diferentes estados de agregación de la materia. - Explico la reorganización 	<ul style="list-style-type: none"> - Registro mis observaciones, datos y resultados de manera organizada y rigurosa (sin alteraciones), en forma escrita y utilizando esquemas, gráficos y tablas. - Formulo preguntas a

<p>2) <i>Las sustancias se encuentran en distintos estados (sólido, líquido y gaseoso), y pueden cambiar de un estado a otro por efecto de la variación de la temperatura y la presión.</i></p>	<p>de las partículas en las transformaciones físicas de la materia.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Describo y verifico el efecto de la transferencia de energía térmica en los cambios de estado de algunas sustancias. - Describo y comparo las sustancias en los diferentes estados físicos. - Clasifico materiales de mi entorno según su estado (sólidos, líquidos o gases). - Explico fenómenos cotidianos en los que se pone de manifiesto el cambio de estado del agua a partir de las variaciones de temperatura. - Interpreto experiencias en las que se analizan los cambios de estado, al predecir lo que ocurrirá con el estado de una sustancia dada una variación de la temperatura. - Clasifico los cambios de estado que presenta la materia (solidificación, fusión, sublimación, sublimación inversa, vaporización, condensación). - Justifico la conservación de propiedades observables y no observables como evidencias de las transformaciones físicas. 	<p>partir de una observación o experiencia y escojo algunas de ellas para buscar posibles respuestas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifico y explico variables que influyen en los resultados de una experiencia. - Busco información en diversas fuentes (libros, Internet, experiencias y experimentos propios y de otros...), dando el crédito correspondiente. - Realizo experimentos modificando una sola variable para dar respuesta a preguntas. - Comunico, oralmente y por escrito, mi proceso de indagación y los resultados obtenidos.
---	--	--

Para terminar, resulta necesario especificar con qué elementos se evaluará el alcance de los desempeños por comprensión por parte de los estudiantes, durante el desarrollo de las actividades planteadas para las dos ideas centrales del tópico generativo en cuestión. Al respecto, se puede decir que se utilizarán los siguientes elementos:

- a- Espacios de discusión y retroalimentación (en pequeños grupos y/o con todo el colectivo áulico).
- b- Lectura de textos en voz alta para toda la comunidad áulica, que permita saber la comprensión del mismo.
- c- Elaboración de textos con estructura apropiada, hechos tanto de forma individual como colectiva.

-
- d- Formulación de preguntas (prediseñadas o no), asociadas a lo observado, discutido y socializado en clase.
 - e- Pruebas tipo test.
 - f- Registro de observaciones, datos y resultados de manera escrita, y mediante esquemas, gráficos y tablas.
 - g- Descripción de representaciones vistas en clase como imágenes, videos, entre otras.
-

Un aspecto fundamental dentro de la enseñanza para la comprensión, es promover la reflexión acerca de los aprendizajes generados sobre el tópico específico abordado. Para lograr este fin, es necesario que primero se socialice con los estudiantes los desempeños por comprensión planteados para dicho tópico, presentándolos como desafíos posibles de ser enfrentados. Así, se posibilita que los estudiantes comiencen a comprometerse con el desarrollo de estos desempeños, lo cual beneficia su proceso de aprendizaje sobre el tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”.

¿Cómo los estudiantes reflexionan sobre su aprendizaje?

Es preciso señalar que la forma como se incentiva el compromiso reflexivo en los estudiantes, es mediante la retroalimentación informativa y reflexiva entre todos los participantes en el proceso de aprendizaje del tópico bajo estudio. De esta forma, es posible para cada uno pensar sobre cómo se está desempeñando en el momento, y cómo podría mejorar su desempeño. Adicionalmente, ello permite al docente tomar conciencia sobre las maneras en cómo podría mejorar la enseñanza, a partir del análisis constante del progreso en el aprendizaje de los estudiantes que se genera.

Ahora bien, dicha retroalimentación se estimula constantemente en los espacios de discusión, a través de interrogantes por parte del docente y entre los estudiantes, que buscan llevar a pensar y especular sobre el conocimiento que ya se tiene, y sobre la nueva información que se está recibiendo. De este modo, los estudiantes pueden realizar las actividades de comprensión de manera reflexiva, dinámica e informada, y el docente puede reflexionar sobre el tópico que enseña, cómo lo hace, y las razones por las cuales lo hace así.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es importante indicar las conclusiones generadas, luego de culminar el proceso de diseño del material de enseñanza por comprensión del tópico, “Transformaciones físicas de las sustancias”, caracterizado por presentar coherencia curricular. Para este fin, se consideró principalmente el problema y los objetivos de investigación. A continuación, se presentan las conclusiones más relevantes que han resultado durante el diseño del material para la enseñanza de las transformaciones físicas de las sustancias.

Hay que mencionar además, que para desarrollar los anteriores elementos que configuran la enseñanza del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, se hizo necesario realizar un análisis documental a las diferentes fuentes que configuran esta perspectiva de diseño. Así mismo, este trabajo de investigación permitió la construcción del marco conceptual de referencia de forma sistemática para el diseño del material de enseñanza del tópico en mención.

Con relación, a la intención de explicitar los elementos teóricos y metodológicos que configuran el enfoque del diseño desde la perspectiva de la enseñanza por comprensión de Perkins, se puede afirmar que esta teoría del diseño de la enseñanza resulta de utilidad al momento de diseñar materiales de enseñanza con coherencia curricular. Esto se debe a que, desde aquella teoría, se formulan una serie de principios que permiten articular adecuada y coherentemente los elementos de la enseñanza como los tópicos generativos, las metas por comprensión, los desempeños por comprensión, las estrategias de la enseñanza y las formas de evaluación. De ahí que, se vea la pertinencia de haber elegido la teoría de enseñanza por comprensión de Perkins para fundamentar teórica y metodológicamente el diseño elaborado en esta investigación.

Ahora bien, sobre la formulación de las teorías de dominio específico para la enseñanza por comprensión del tópico generativo “Transformaciones físicas de las sustancias”, se sostiene que es un proceso muy enriquecedor, en el sentido de que permite elaborar un diseño de un material de enseñanza informado por la investigación educativa, el currículo estatal, el currículo planeado y los elementos contextuales de la institución y los actores educativos. Así pues, para buscar superar las dificultades y limitaciones de la enseñanza y el aprendizaje de un tópico

específico (Transformaciones físicas de las sustancias) en el aula de primaria, se recurre deliberadamente a una serie de elementos teóricos y metodológicos provenientes de la literatura basada en la investigación, y de los documentos estatales e institucionales. A partir de estas fuentes, se sustenta la toma de decisiones curriculares y de enseñanza necesarias para el aprendizaje del tópico específico, de tal modo que las teorías de dominio específico se encuentran estrechamente vinculadas a las ideas centrales de dicho tópico.

Así mismo, este estudio dejó ver que el diseño de materiales de enseñanza fundamentados por las teorías de naturaleza general y específica, ayudan a continuar superando la ruptura existente entre la teoría proveniente de la investigación y la práctica del diseño. Desde luego, que dicho proceso le confiere a este tipo de materiales de enseñanza una coherencia curricular, factor que juegan un papel clave en la comprensión de las entidades y procesos que subyacen al fenómeno de las transformaciones físicas de las sustancias.

Definitivamente, el diseño del material de enseñanza bajo consideración brindó la posibilidad de generar un conjunto de teorías de dominio específico, las cuales se encuentran vinculadas con la enseñanza y el aprendizaje del tópico, transformaciones físicas de las sustancias. Desde luego, estas pueden ser adaptadas y ajustadas por el diseñador/profesor que lo desee a la enseñanza de este tópico en otros escenarios profesionales, para ello, debe tomar como referencia los elementos contextuales.

En cuanto al diseño de las actividades de aprendizaje informadas a partir de las teorías de dominio específico del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”, cabe destacar la importancia de las teorías de dominio específico en este trabajo de investigación. Dichas teorías juegan un papel crítico durante la construcción del material de enseñanza, al informar e iluminar la materialización del conjunto de actividades de aprendizaje, debidamente seleccionadas y secuenciadas para asistir a los estudiantes en la comprensión conceptual del tópico bajo consideración. De esta forma, se aminora el distanciamiento existente entre la práctica en el aula y la investigación educativa, aprovechando los aportes provenientes de ambos contextos.

Otro aspecto importante de este estudio hace referencia a que el diseño del material de enseñanza en cuestión es potenciado por las tecnologías de naturaleza digital. Así pues, el cuerpo de conocimiento que configuran las teorías de dominio específico de dicho material, deja

evidenciar la amalgama existente entre las siguientes bases del conocimiento para la enseñanza: conocimiento disciplinar, el conocimiento pedagógico y el conocimiento tecnológico. En este sentido, el material de enseñanza diseñado y desarrollado en este estudio puede ser considerado una innovación tecnológica de perspectiva cognitiva, cual en un futuro cercano puede ser implementado en las diferentes sedes de básica primaria de la Institución Educativa Ateneo, con el propósito de ayudar a mediar una construcción profunda del tópico generativo representado y formulado.

Para finalizar, se destaca que esta investigación, al ubicarse dentro de la perspectiva de la investigación basada en el diseño, se encuentra en ejecución, puesto que el diseño del material de enseñanza elaborado debe ser implementado y evaluado, para completar así el ciclo iterativo del diseño, implementación y evaluación. Lo relevante de este ciclo es que brinda la posibilidad de formular y refinar el conjunto de teorías de dominio específico generado inicialmente, con el fin de desarrollar unas teorías que orienten apropiadamente la enseñanza y el aprendizaje del tópico “transformaciones físicas de las sustancias”, en estudiantes de grado quinto de primaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ausubel, D. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. 1ª ed. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D.; Novak, J. & Hanesian, H. (1987). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. 2ª ed. (español). México: Trillas.
- Barrera, M. X. & León, P. (2014). ¿De qué manera se diferencia el marco de la enseñanza para la comprensión de un enfoque tradicional? *Ruta maestra*, (9), 26-32. Recuperado de <http://www.santillana.com.co/rutamaestra/edicion-9/pdf/4.pdf>
- Barriga, F. & Hernández, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: Una interpretación constructivista*. 2a ed. México: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A.
- Berger, K. S. (2007). *Psicología del desarrollo: infancia y adolescencia*. 7ª ed. Madrid: Editorial médica panamericana.
- Blythe, T. (1999). *La enseñanza para la comprensión: Guía para el docente*. 1a ed. Buenos Aires: Editorial Paidós.
- Borsese, A., Lumbaca, P. & Pentimalli, R. (1996). Investigación sobre las concepciones de los estudiantes acerca de los estados de agregación y los cambios de estado. *Enseñanza de las ciencias*, 14(1), 15-24.
- Brown, A. L. & Campione, J. C. (1996). Psychological theory and the design of innovative learning environments: On procedures, principles, and systems. En Schauble, L. & Glaser, R. (Eds.), *Innovations in learning: New environments for education* (pp. 289–325). Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brown, A. L. (1992). Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Candela, B. F. & Viafara, R. (2014). *Aprendiendo a enseñar química*. Cali: Universidad del Valle.

- Candela, B. F. (2012). *La captura, la documentación y la representación del CPC de un profesor experimentado y “ejemplar” acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia* (Tesis de Maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Candela, B. F. (2016). *La ciencia del diseño educativo*. Cali: Universidad del Valle.
- Cataño Pereira, R. (2016). *Diseño de una progresión de aprendizaje hipotética para la enseñanza de la estequiometría por comprensión conceptual e integrada* (Tesis de maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Coll, C. (1989). *Marco curricular para la enseñanza obligatoria*. Barcelona: Departamento de Enseñanza, Secretaria General.
- Collins, A. (1992). Toward a Design Science of Education. En Scanlon, E. & O’Shea, T. (Eds.), *New directions in educational technology* (pp.15– 22). Milton Keynes: Springer-Verlag.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42.
- 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.
- DiSessa, A. & Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 77-103.
- Fernández, J. M., Trigueros, T. & Gordo, L. (1988). Ideas sobre los cambios de estado de agregación y las disoluciones en alumnos del 2do curso del BUP. *Enseñanza de las ciencias*, 6(1), 42-46.
- Fiore, E. & Leymoníe, J. (2007). *Didáctica práctica para enseñanza media y superior*. Montevideo: Grupo Magro.

- Fortus, D. & Krajcik, J. (2012). Curriculum coherence and learning progressions. En Fraser, B., Tobin, K. & McRobbie, C. (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 783-798). New York: Springer Netherlands.
- Gabel, D. (1998). "The Complexity of Chemistry and Implications for Teaching". En Fraser, B., Tobin, K. (Eds.), *International Handbook of Science Education Research* (pp. 233-248). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
- Gómez Crespo, M., Pozo, J. & Gutiérrez, J. M. (2009). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, 15(3), 198-209.
- Gunstone, R. F. & White, R. T. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65(3), 291-299.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas [ICONTEC] & Ministerio de Educación Nacional [MEN] (2006). Norma Técnica Colombiana 4596: Señalización para Instalaciones y ambientes escolares. Recuperado de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-96894_Archivo_pdf.pdf
- Johnstone, A. (2010). You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 22-29.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 49-63.
- Karplus, R. & Their, H. (1967). *A new look at elementary school science: Science curriculum improvement study*. California: Rand McNally.
- Klopfer, L. (1983). Editorial: Research and the Crisis in Science Education. *Science Education*, 67(3), 283-284.

- Krajcik, J. S., Shin, N., Stevens, Y. S. & Short, H. (2009). *Using learning progressions to inform the design of coherent science curriculum materials*. Trabajo presentado en Annual Meeting of American Educational Research Association, San Diego, California.
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de Análisis de Contenido*. Barcelona: Paidós
- Lagemann, E. C. (2002). *An elusive science: The troubling history of education research*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ministerio de Educación Nacional [MEN] (10 de diciembre de 2002). Artículo 11. [Capítulo II]. *Criterios y procedimientos para organizar las plantas de personal docente y administrativo del servicio educativo estatal*. [Decreto 3020 de 2002].DO: 45.028. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=6405>
- Ministerio de Educación Nacional [MEN] (2004). *Estándares Básicos de Competencias en ciencias naturales y ciencias sociales*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Ministerio de Educación Nacional [MEN] (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje: Ciencias Naturales*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Morine-Dersheimer, G. & Kent, T. (1999). The Complex Nature and Source of Teachers' Pedagogical Knowledge. En Gess-Newsome, J. & Lederman, N. (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 21-50). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Murillo Gaviria, C. (2013). *Diseño e implementación de una propuesta de enseñanza y aprendizaje del concepto de materia y sus cambios de estados para estudiantes de quinto grado de básica primaria de la I. E Federico Carrasquilla* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington D. C.: National Academies Press.
- Nuthall, G. (1997). Understanding Student Thinking and Learning in the Classroom. En Biddle, B. J., Good, T. L. & Goodson, I. (Eds.), *International Handbook of Teachers and Teaching* (pp. 681-768). Dordrecht: Springer Netherlands.

- Perkins, D. & Unger, C. (1999). Teaching and Learning for Understanding. En Reigeluth, C. (Ed.), *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (pp. 91-114). Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Perkins, D. (1999). ¿Qué es la comprensión? En Wiske, M. S. (Comp.), *Enseñanza Para La Comprensión* (pp. 69-93). Buenos Aires: Paidós.
- Perkins, D. (2001). *La escuela inteligente: Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Reimp. (español). Barcelona: Gedisa, S.A.
- Perkins, D. (2003). El contenido. Hacia una pedagogía de la comprensión. En Perkins, D., *La escuela inteligente: Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente* (pp. 79-101). 3ª reimp. (español). Barcelona: Gedisa, S.A.
- Perkins, D. (2008). La enseñanza y el aprendizaje: la Teoría Uno y más allá de la Teoría Uno. En Perkins, D., *La escuela inteligente: Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente* (pp. 52-78). 4ª reimp. (español). Barcelona: Gedisa, S.A.
- Pozo, J. & Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata, S.L.
- Pozo, J. & Gómez Crespo, M. (2009). *Aprender y enseñar ciencias: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. 1ª ed. (versión ebook). Madrid: Ediciones Morata, S.L.
- Reigeluth, C. M. & Frick, T. W. (1999). Formative research: A methodology for creating and improving design theories. En Reigeluth, C.M. (Ed.), *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (pp. 21-32). Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Reigeluth, C. M. (1999). What is instructional design theory and how is it changing? En Reigeluth, C. M. (Ed.), *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (pp. 5-29). Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Roth, K.J. (1989). Science education: It's not enough to “do” or “relate.” *American Educator*, 13(4), 46–48.

- Russell, T, Harlen, W. & Watt, D. (1989). ‘Children’s ideas about evaporation. *International Journal of Science Education*, 11(5), 566-576.
- 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.
- Shavelson, R. J., Phillips, D. C., Towne, L. & Feuer, M. J. (2003). On Science of Education Design Studies. *Educational Researcher*, 32(1), 25–28.
- Shwartz, Y., Weizman, A., Fortus, D., Krajcik, J. & Reiser, B. (2008). *Middle School Science Curriculum: Coherence as a Design Principle*. Trabajo presentado en Annual Meeting of American Educational Research Association, Baltimore, Maryland.
- The Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational enquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- 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.
- Vigotsky, L. (1978). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: La Pleyade.
- Villar, F. (Coord.). (2003). 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.
- Wiley, D. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, metaphor, and a taxonomy. En Wiley, D. (Ed.), *The instructional use of learning objects: Versión Online*. Bloomington: Agency for Instructional Technology. Recuperado de <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>
- Yukavetsky, G. (2007). ¿Qué es Diseño Instruccional? *Revista de Tecnología Educativa*, Cursos de Tecnología Educativa, Lectura 3. Recuperado de http://www1.uprh.edu/gloria/Tecnologia%20Ed/Lectura_3%20.html

ANEXOS

Anexo N°1. *Rejilla de análisis para formular los elementos teóricos y metodológicos del diseño de ambientes de aprendizaje.*

REJILLA DE ANÁLISIS DEL CONTENIDO (unidad de contexto)	
CÓDIGO: NUMERO-PAÍS DE ORIGEN-AÑO DE PUBLICACIÓN	TÍTULO DEL ARTÍCULO O CAPÍTULO DEL LIBRO
01C2016	Las teorías del diseño un paradigma clave en las ciencias del diseño educativo
AUTOR(ES)	NOMBRE DEL LIBRO O LA REVISTA
Boris Fernando Candela Rodríguez	La ciencias del diseño educativo
CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
	<p>Estudio de diseño educativo El estudio de diseño educativo es catalogado como una metodología de investigación al igual que el enfoque de naturaleza cualitativo e interpretativo. Considerando que, estos estudios se encuentran fuertemente relacionados a un interrogante direccionado al objetivo de desarrollar una teoría relevante como producto del estudio realizado. (Shavelson et al., 2003). En vista de que, estos estudios son aprobados a través del diseño, implementación, análisis y evaluación en la práctica educativa.</p>
	<p>Características del estudio de diseño educativo El estudio de diseño genera teorías de dominio específico o teorías prácticas, que asisten al docente en la enseñanza por comprensión de un concepto en particular. Así mismo, guían al docente en la toma de decisiones curriculares, teniendo en cuenta las características del contexto y las necesidades de los estudiantes. Desde luego estas teorías orientan de forma viable el proceso educativo descubriendo las ventajas y limitaciones del material en cuestión, con el objetivo de mejorar los ambientes de aprendizaje. (Candela en prensa 2012)</p>
Elementos de los estudios de diseño	<p>Principios del diseño de un material de enseñanza La implementación de un material de enseñanza es una etapa importante en el estudio de diseño. Debido a que, cada implementación de estos estudios es diferente, porque se relaciona estrechamente con el contexto educativo y el conocimiento, creencias y valores del docente. Por consiguiente la implementación y aplicación de estos materiales de enseñanza permiten identificar fortalezas y debilidades validando su efectividad y eficiencia en el aula. (Candela, B.F 2012)</p>
	<p>Principios de la implementación del diseño de un material de enseñanza El estudio de diseño usa las teorías del aprendizaje, el currículum, los modelos educativos y la literatura en educación; focalizada en una disciplina con el propósito de diseñar ambientes de aprendizaje de tópicos específicos que medien la comprensión de un contenido. Por esto se ha convertido en un instrumento fundamental dentro de los procesos de enseñanza y aprendizaje, con el fin de ayudar a unos estudiantes singulares a aprender un contenido, además de desarrollar esquemas de pensamiento de orden superior que garantiza una mejor comprensión conceptual de un tópico generativo (Reigeluth & Frick, 1999; Candela, 2012)</p>

	<p>Coherencia curricular como principio de diseño</p> <p>La coherencia curricular de los materiales de enseñanza, se refiere a las causas que determinan el éxito o el fracaso en el campo del aprendizaje y procesos de formación de los estudiantes. Es decir, que la falta de coherencia curricular en los materiales puede afectar negativamente el nivel de comprensión conceptual del currículum de las ciencias por parte de los estudiantes. (Candela, 2016)</p>
	<p>Coherencia intracurricular</p> <p>Conviene subrayar, que a lo largo de los diferentes niveles de escolaridad, debe existir una secuencia. Es decir, que el aprendizaje que adquieren los estudiantes debe desarrollar unas habilidades que potencialicen la comprensión, la argumentación y el razonamiento. De allí que se hace necesario que lo tópicos específicos, en especial los de la ciencia permitan desarrollar el pensamiento científico en lo estudiantes. (Schmidt, 2005).</p>
	<p>Coherencia intercurricular</p> <p>Desde luego, la coherencia intercurricular se da a partir de una estructura lógica entre los elementos del diseño curricular, tales como: estándares de contenido, metas de aprendizaje, prácticas científicas, estrategias instruccionales, actividades de aprendizaje y evaluación. Es decir, que el diseño de ambientes de aprendizaje debe conducir hacia la consecución de metas específicas y análisis continuo, que permitan un mejorado escenario, en el campo de la educación en ciencias. (Candela, 2016)</p>
	<p>Aportes de la literatura en ciencias</p> <p>N.A.</p>
	<p>Características de la enseñanza por comprensión</p> <p>N.A.</p>
	<p>Teoría de la enseñanza por comprensión (EpC)</p> <p>La enseñanza por comprensión EpC es una teoría de diseño de enseñanza o metodología docente de eje constructivista, que intenta resolver la constante tarea de los docentes, la cual gira, en torno a lograr, que los estudiantes se interesen de forma eficaz por su aprendizaje, y así mismo, sepan cómo usar los conocimientos que adquieren en la vida cotidiana. Hay que mencionar, además que David Perkins y su equipo de colaboradores, propone un enfoque que conduce a la reflexión docente (Perkins, 2008)</p>
Teorías de diseño educativo	<p>Principios teóricos de la EpC</p> <p>Perkins y Unger (1999) a desarrollar cuatro principios teóricos que son la base de la enseñanza para la comprensión: 1. Tópicos generativos, 2. Metas por comprensión 3. Desempeños por comprensión, 4. Evaluación continua y formativa. Es necesario recalcar que, estos éstos cuatro principios juegan un papel crítico durante el diseño y la enseñanza. Por lo tanto, en esta investigación se trabajará un quinto principio, el cual, hará referencia al contexto educativo.</p>
	<p>Criterios de la EpC</p> <p>N.A.</p>
	<p>Niveles de la comprensión</p> <p>N.A.</p>
	<p>Hilos conductores</p> <p>N.A.</p>

REJILLA DE ANÁLISIS DEL CONTENIDO (unidad de contexto)	
CÓDIGO: NUMERO-PAÍS DE ORIGEN-AÑO DE PUBLICACIÓN	TÍTULO DEL ARTÍCULO O CAPÍTULO DEL LIBRO
02E2008	La enseñanza aprendizaje de la EpC y más allá de la teoría EpC. Hacia una pedagogía para la comprensión.
AUTOR(ES)	NOMBRE DEL LIBRO O LA REVISTA
David Perkins	La escuela inteligente Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente
CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
Elementos de los estudios de diseño	Estudio de diseño educativo N.A.
	Características del estudio de diseño educativo N.A.
	Principios del diseño de un material de enseñanza N.A.
	Principios de la implementación del diseño de un material de enseñanza N.A.
	Coherencia curricular como principio de diseño N.A.
	Coherencia intracurricular N.A.
	Coherencia intercurricular N.A.
	Aportes de la literatura en ciencias N.A.
	Características de la enseñanza por comprensión Acerca de, la características de la EpC se hace indispensable tener en cuenta que, es una metodología de la enseñanza que exige un compromiso reflexivo por parte del docente, no solo, para la enseñanza de tópicos específicos; sino también para el diseño de materiales de enseñanza. Teniendo en cuenta, estos planteamientos necesario una restauración de la escuela para que el estudiante pueda reflexionar el contenido aprendido. Mortimer Adler (2001) habla de una escuela con patrones altamente académico, centrada en la reflexión y en la discusión de grandes ideas. ⁸
	Teorías de diseño educativo

⁸ Theodore Sizer, de la Universidad de Brown, un gran líder filósofo de varias “escuelas esenciales” entre su propuesta de reducir el número para facilitar investigaciones más profunda de los tópicos específicos subraya la idea de un trabajo autentico y genuino por parte de lo estudiante dándole gran relevancia a la idea de la solución de problemas. (Perkins, 2008)

Principios teóricos de la EpC

Conviene subrayar que los diversos planteamientos que se han formulado en las investigaciones de la EpC, son los que motivaron a Perkins y Unger (1999) a desarrollar cuatro principios teóricos que son la base de la enseñanza para la comprensión: 1. Tópicos generativos, 2. Metas por comprensión 3. Desempeños por comprensión, 4. Evaluación continua y formativa. Es necesario recalcar que, estos éstos cuatro principios juegan un papel crítico durante el diseño y la enseñanza, sin embargo muchos profesores/diseñadores no se detienen a reflexionar sobre ellos, factor que lo confirma la literatura basada en la investigación de la enseñanza de las ciencias. De ahí que, la metodología de la enseñanza para la comprensión (EpC), viene demostrando que, en la etapa del diseño hay ausencia de una secuencia reflexiva, es decir que el docente propone un instrumento práctico. (Perkins y Unger 1999).

Criterios de la EpC

- Central a un dominio de la disciplina: un adecuado tópico generativo debe ser central a la disciplina, es decir que, debe estimular procesos como: la curiosidad frente a cualquier fenómeno, el interés, la iniciativa y la postura crítica de cada estudiante.
- Accesible e interesante para los estudiantes: un adecuado tópico generativo debe ser atractivo y de fácil accesibilidad, que le permita a los estudiantes participar con mucho entusiasmo y eficacia.
- Interesante para el profesor: los docentes deben poseer altos intereses en el diseño de las guías que se usaran como mecanismos de instrucción en la clase. Cuando el docente se apasiona por un concepto específico predispone su experiencia e imaginación, puede participar con un mayor entusiasmo, predispone a los estudiantes a adquirir y a participar un aprendizaje o comprensión más profunda.
- Conectable: Un adecuado tópico generativo se debe relacionar fácil con otros tópicos y diversas disciplinas e igualmente a la vida y las ideas previas de los estudiantes. Por su alta conectividad se puede explorar desde distintas dimensiones permitiendo una comprensión más profunda.

Niveles de la comprensión

Los niveles de contenido de la EpC son: El Nivel Ingenuo, Nivel Aprendiz y el Nivel de Maestría. Se debe agregar que, estos no solo hacen referencia a los hechos y rutinas, sino a la argumentación, investigación y a las preguntas que surgen de la disciplina. Es decir, se da importancia a los conocimientos de orden superior y a las investigaciones realizadas en el campo disciplinar en cuestión (Perkins, 2003).

De hecho, los anteriores elementos constituyen una guía importante sobre cómo orientar el proceso de enseñanza y aprendizaje en las actividades planteadas para el tópico “transformaciones físicas de las sustancias”, de tal modo que promueva en los estudiantes el alcance y desarrollo de los niveles de comprensión correspondientes a dicho tópico. En este sentido, estos niveles funcionan como una especie de pistas oportunas que permiten determinar si los estudiantes están logrando los aprendizajes expresados en las metas por comprensión generales planteadas, al hacer observable el aprendizaje.

Hilos conductores

N.A

REJILLA DE ANÁLISIS DEL CONTENIDO (unidad de contexto)	
CÓDIGO: NUMERO-PAÍS DE ORIGEN-AÑO DE PUBLICACIÓN	TÍTULO DEL ARTÍCULO O CAPÍTULOS DEL LIBRO
03C2014	¿Por qué es difícil aprender química? La discontinuidad de la materia, eje fundamental para la enseñanza-aprendizaje de los tópicos del currículo de la química
AUTOR(ES)	NOMBRE DEL LIBRO O LA REVISTA
Boris Fernando Candela, Robinson Viáfara Ortiz	Aprendiendo a enseñar química
CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
	Estudio de diseño educativo N.A.
	Características del estudio de diseño educativo N.A.
	Principios del diseño de un material de enseñanza N.A.
	Principios de la implementación del diseño de un material de enseñanza N.A.
	Coherencia curricular como principio de diseño N.A.
	Coherencia intracurricular N.A.
	Coherencia intercurricular N.A.
Elementos de los estudios de diseño	<p>Aportes de la literatura en ciencias</p> <p>Desde la década de los años ochenta, se han realizado investigaciones en educación en química que se han centrado en especificar las dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de esta disciplina. Es así que, con todos estos estudios realizados se ha logrado constatar que estas limitaciones se deben a que la mayoría de los contenidos en química son de naturaleza abstracta y son representados por un lenguaje sumamente técnico, factores que interfieren para que los niños alcancen una comprensión en los contenidos disciplinares.</p> <p>Dificultades e ideas alternativas del tópico “Transformaciones físicas de las sustancias”</p> <p>Como se ha dicho, las concepciones alternativas que poseen los estudiantes en ciencias se fundamentan desde el punto de vista ingenuo, que son germinados a partir de la percepción con su entorno (Vigotsky, 1995; Ausubel, Novak & Hanesian, 1987). Considerando que, estas ideas ingenuas se fundamentan solo en lo macroscópico, se pueden presentar algunas dificultades, debido a que estas difieren con las interpretaciones teóricas de los fenómenos estudiados. Posteriormente, estas ideas van evolucionando y se encaminan hacia un realismo interpretativo, donde con el apoyo de la química se logra descubrir lo que no se puede percibir sensorialmente.</p>

	<p>Niveles de representación en química: La diferenciación e integración de los tres niveles de la Química</p> <p>La educación en química se presenta un alto nivel de complejidad en la comprensión conceptual de los tópicos pertenecientes a esta disciplina. Debido, a que su configuración teórica se fundamenta en el pensamiento multinivel. Así que, los tres niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) deben formar un ciclo iterativo, para que los niños puedan articular estos niveles y alcancen la comprensión de los fenómenos químicos. (Johnstone 1982).</p>
	<p>Características de la enseñanza por comprensión</p> <p>N.A.</p>
	<p>Teoría de la enseñanza para la comprensión (EpC)</p> <p>N.A.</p>
	<p>Principios teóricos de la EpC</p> <p>N.A.</p>
	<p>Criterios de la EpC</p> <p>N.A.</p>
Teorías de diseño educativo	<p>Niveles de la comprensión</p> <p>N.A.</p>
	<p>Hilos conductores</p> <p>N.A.</p>