

DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA CON COHERENCIA CURRICULAR PARA
EL TÓPICO GENERATIVO SONIDO

MARIELA SEGURA CUERO|
MILENA ESTELLA LONDOÑO JIMENEZ



UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
ÉNFASIS EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES
SANTIAGO DE CALI - VALLE
2018

DISEÑO DE UN MATERIAL DE ENSEÑANZA CON COHERENCIA CURRICULAR PARA
EL TÓPICO GENERATIVO SONIDO

MARIELA SEGURA CUERO
MILENA ESTELLA LONDOÑO JIMENEZ

Mg Boris Fernando Candela Rodríguez
Director de Trabajo de Grado de Maestría



UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
ÉNFASIS EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES
SANTIAGO DE CALI - VALLE
2018

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	9
1. SUSTENTACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.1 JUSTIFICACIÓN	11
1.2. ANTECEDENTES	14
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	17
2. MARCO CONCEPTUAL	21
2.1. LOS ESTUDIOS DE DISEÑO	22
2.1.1. Características de los estudios de diseño	23
2.1.2. Principios de la investigación de diseño	24
2.2. LA COHERENCIA CURRICULAR COMO PRINCIPIO CLAVE PARA EL DISEÑO EDUCATIVO	25
2.2.1. Coherencia intra-curricular	26
2.2.2. Coherencia inter-curricular	26
2.3. TEORÍAS DE NATURALEZA GENERAL, ELEMENTO CLAVE PARA LA FORMULACIÓN DE TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO Y EL DISEÑO DE MATERIALES DE ENSEÑANZA CON COHERENCIA CURRICULAR	27
2.3.1. Teorías del aprendizaje	27
2.3.1.1. <i>Teoría constructivista socio-cultural</i>	28
2.3.1.2. <i>Teoría constructivista cognitiva</i>	28
2.3.1.3. <i>Teoría del procesamiento de la información</i>	29
2.3.2. Pedagogía general	31
2.3.2.1. <i>Rutinas</i>	32
2.3.2.2. <i>Técnicas</i>	33
2.3.2.3. <i>Estrategia Predecir, observar y explicar (POE)</i>	34
2.3.2.4. <i>Modelos de enseñanza</i>	35
2.4. TEORÍA DEL DISEÑO INSTRUCCIONAL: LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE POR COMPRESIÓN DE PERKINS Y UNGER	37
2.4.1. Principios para el diseño desde la perspectiva de la comprensión de Perkins y Unger (1999)	40
2.4.1.1. <i>Tópicos generativos</i>	40
2.4.1.2. <i>Metas por comprensión</i>	41

2.4.1.3. <i>Desempeños por comprensión</i>	42
2.4.1.4. <i>Evaluación continua formativa</i>	43
2.4.2 Niveles de comprensión	44
2.4.2.1. <i>Nivel de comprensión ingenuo</i>	45
2.4.2.2. <i>Nivel de comprensión de principiante</i>	45
2.4.2.3. <i>Nivel de comprensión de aprendiz</i>	45
2.4.3. Teorías de dominio específico	46
2.5. LITERATURA DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS	47
2.5.1 Diferenciación e integración de los tres niveles de representación de las ciencias	47
2.5.2 Dificultades/limitaciones y concepciones alternativas de los estudiantes de primero a tercero de primaria acerca del tópico generativo sonido	48
3. PROPÓSITOS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS	50
3.1. PRÓPOSITOS	50
3.1.1. Propósito general	50
3.1.2. Propósitos específicos	50
3.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	50
3.2.1. Primera fase: Análisis documental	51
3.2.1.1. <i>Análisis de datos de la primera fase</i>	53
3.2.2. Segunda fase: Análisis de datos para el diseño de un material de enseñanza por comprensión	54
4. RESULTADOS	60
4.1. TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO PARA LA ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN DEL TÓPICO SONIDO	60
4.2. CONJUNTO DE ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA INFORMADAS A PARTIR DE LAS TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO DEL TÓPICO SONIDO	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo del procesamiento de la información. Fuente: Tomada de Johnstone (2006)...	30
Figura 2 Niveles de representación. Fuente: Tomada de Johnstone (2006).....	47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Contenido de la unidad de muestreo</i>	52
Tabla 2. <i>Contenido de la unidad de contexto</i>	52
Tabla 3. <i>Estructura de la rejilla de análisis de contenido</i>	53
Tabla 4. <i>Generalizaciones naturalísticas que estructuran el marco conceptual</i>	54
Tabla 5. <i>Principios que direccionan el diseño y desarrollo del material de enseñanza con coherencia curricular del tópico generativo, sonido</i>	54
Tabla 6. <i>Formato de las teorías de dominio específico desde la enseñanza por comprensión</i>	55
Tabla 7. <i>Contenido de la unidad de muestreo, segunda fase</i>	57
Tabla 8. <i>Contenido de la unidad de contexto, segunda fase</i>	58
Tabla 9. <i>Teorías de dominio específico desde la enseñanza por comprensión del tópico Sonido</i> .60	

RESUMEN

En este estudio se presenta el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular del tópico generativo sonido, para el primer nivel de la básica primaria. Para tal fin, desde la metodología de los estudios de diseño, se aborda la teoría del diseño instruccional de la enseñanza y aprendizaje para la comprensión de Perkins y Unger, la cual brinda los principios que ilustran e informan la toma de decisiones curriculares y metodológicas sobre cómo enseñar un contenido específico para potenciar su aprendizaje.

Respecto a la metodología, se sigue un proceso sistemático de análisis documental, desde la perspectiva de Krippendorff (1990), que distingue tres tipos de unidades: muestreo, registro y contexto. Estas unidades de análisis están compuestas por artículos, capítulos de libros, lineamientos curriculares y estándares básicos de competencias nacionales. En efecto, dichas unidades abordan aspectos alineados con los estudios de diseño, el diseño de ambientes de aprendizaje, y los procesos de enseñanza y aprendizaje del tópico sonido. Esta tarea permite desarrollar teórica y metodológicamente cada uno de los principios de diseño que sustentan al enfoque de la enseñanza y aprendizaje por comprensión de Perkins, a través de un formato, cuyos ítems los representan. De esta manera, se toman como referencia los elementos teóricos que estructuran los principios antes mencionados, en unión con un conjunto de interrogantes de diseño provenientes tanto de un estudio llevado a cabo por Wiggins y McTighe (2005), como de la sabiduría que otorga la experiencia. Naturalmente, las propiedades de cada uno de los ítems del formato, orientan al diseñador en la toma de decisiones curriculares y metodológicas, las cuales representan las teorías de dominio específico que se trasciben en la construcción un material de enseñanza con coherencia curricular sobre el tópico en cuestión.

De ahí que, dentro del contexto de investigación, el conocimiento obtenido a partir del desarrollo de los principios de diseño informa e ilustra el desarrollo de los siguientes productos: secciones del marco conceptual, principios que direccionan el diseño y desarrollo del material de enseñanza con coherencia curricular del tópico sonido, teorías de dominio específico para la enseñanza por comprensión del tópico sonido y material de enseñanza con coherencia curricular potenciados por la tecnología, con recursos complementarios para el docente y el estudiante. Desde luego, estos materiales de enseñanza podrán ser utilizados por profesores en formación y en ejercicio,

educadores de profesores, diseñadores instruccionales para orientar la enseñanza y el aprendizaje con el fin de alcanzar la comprensión conceptual e integrada del tópico en consideración.

Palabras claves: Estudios de diseño; Material de enseñanza; Diseño instruccional; Enseñanza por comprensión; Teorías de dominio específico.

ABSTRACT

This study presents the design of a teaching material with curricular coherence of the generative topic "sound", for the first level of the basic primary. For this, from the methodology of the design studies, the instructional design theory of teaching and learning for the understanding of Perkins and Unger is addressed, which provides the principles that illuminate and inform the curricular and methodological decision making about teaching specific content to enhance their learning.

Regarding the methodology, a systematic process of documentary analysis is followed, from the perspective of Krippendorff (1990), which distinguishes three types of units: sampling, recording and context. These units of analysis are composed of articles, book chapters, curricular guidelines and basic standards of national competences. Of course, these units deal with aspects aligned with design studies, the design of learning environments, and the teaching and learning processes of the topic "sound". This task allows to develop theoretically and methodologically each of the principles of design that support the approach teaching and learning for the understanding of Perkins, through a format, whose items represent them. In this way, its take as reference the theoretical elements that structure the aforementioned principles, together with a set of design questions arising both from a study carried out by Wiggins & McTighe (2005), and from the wisdom of experience. Naturally, the properties of each of the items of the format, orient the designer in the curricular and methodological decisions making, which represent the specific domain theories that are transcribed in the construction a teaching material with curricular coherence on the topic in question.

Hence, within the context of research, the knowledge gained from the development of design principles informs and illuminates the development of the following products: sections of the conceptual framework, principles that guide the design and development of teaching material

with consistency curriculum of the topic sound, specific domain theories for teaching by understanding the topic "sound", and teaching material with curriculum coherence powered by technology, with complementary resources for the teacher and the student. Of course, these teaching materials can be used by teachers in academic training and in exercise, teacher educators, instructional designers to guide teaching and learning in order to achieve a conceptual and integrated understanding of the topic under consideration.

Keywords: Design studies; Teaching material; Instructional design; Teaching for the understanding; Specific domain theories.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en la práctica educativa se puede evidenciar que gran parte de los materiales instruccionales empleados para la enseñanza de las ciencias presentan dificultades de coherencia intra e intercurricular (Cataño, 2016; Shwartz, Weizman, Fortus, Krajcik & Reiser, 2008). Es decir, este proceso carece de fundamentación teórica pedagógica, didáctica y tecnológica, ya que no tiene en cuenta las teorías del diseño instruccional que hace que estos materiales tengan una secuencia y una trascendencia, o sea, una coherencia curricular, como lo menciona Wiley (2000).

Al respecto, en el presente trabajo de profundización se describe el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular, fundamentado en los marcos teóricos de las teorías del diseño instruccional, particularmente en la enseñanza y aprendizaje para la comprensión de Perkins y Unger (1999). Dicha teoría, ofrece los principales principios que orientan el diseño del material de enseñanza, a saber: (1) tópicos generativos, (2) metas por comprensión, (3) desempeños por comprensión y, (4) evaluación continua formativa (Véase apartado 2.4.1 del marco conceptual); anexándole el principio del contexto institucional que emerge de la necesidad de contextualizar las teorías de dominio específico que sustentan al material de enseñanza, de acuerdo con los antecedentes académicos y socio-culturales de los estudiantes de primer nivel de la básica de la Institución Educativa Ateneo.

Cabe destacar, que el desarrollo y representación de estos principios se realiza teniendo en cuenta los elementos teóricos que lo estructuran, en conjunción con un conjunto de interrogantes de diseño provenientes tanto de un estudio llevado a cabo por Wiggins y McTighe (2005), como de la sabiduría que otorga la experiencia. En este sentido, los conocimientos específicos producto de dicho proceso informan e ilustran la formulación de las teorías de dominio específico que a su vez orientan el diseño del material de enseñanza con coherencia curricular del tópico generativo sonido, el cual se materializa por medio de los siguientes elementos: interfaz, material del docente y material del estudiante que se encuentra disponible en la web (<https://cienciasnat.wixsite.com/sonido>).

En cuanto a las teorías de dominio específico, estas representan y documentan de manera resumida el conocimiento construido acerca de la enseñanza y aprendizaje del tópico generativo sonido, el cual se genera a partir del desarrollo de los cuatro principios de diseño de Perkins y

Unger (1999) y el principio del contexto institucional. Además, el conocimiento específico que subyace a éste orienta el diseño de la interfaz y el material del estudiante, donde finalmente, se materializa la propuesta de diseño. En decir, estos tres materiales se encuentran relacionados de manera sistémica para apoyar a estudiantes y docentes en el proceso de la enseñanza y el aprendizaje del tópico sonido.

Para terminar, este estudio presenta la siguiente estructura:

1. *Sustentación y formulación del problema*, desarrolla los elementos investigativos que corresponden a la presentación del problema de investigación (justificación, antecedentes y problema de investigación).

2. *Marco conceptual*, constituido por cinco apartados principales: Los estudios de diseño, La coherencia curricular como principio clave para el diseño educativo, Teorías de naturaleza general, Teoría del diseño instruccional: la enseñanza y el aprendizaje por comprensión de Perkins y Unger, y Literatura de la educación en ciencias.

3. *Propósitos y aspectos metodológicos*, se presentan los propósitos y los aspectos metodológicos del estudio.

4. *Resultados*, muestra y describe los tres resultados producto de la investigación, a saber: Material de enseñanza (interfaz), Material del estudiante y Material del docente.

5. *Conclusiones y recomendaciones finales* a las que se ha llegado a través de este estudio.

1. SUSTENTACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 JUSTIFICACIÓN

Investigadores y profesores en el campo de la educación en ciencias, han concluido que las diferentes reformas curriculares llevadas a cabo en el país no han obtenido los resultados esperados, a pesar de estar fundamentadas en excelentes marcos teóricos provenientes de la investigación educativa. Esta situación se evidencia en los bajos resultados alcanzados por los estudiantes en pruebas estandarizadas internacionales como PISA, TIMMS, y nacionales como SABER, lo cual muestra la falta de comprensión conceptual e integrada de los diferentes tópicos de las ciencias (Fortus & Krajcik, 2012).

Al respecto, en el campo educativo de las ciencias, ha tomado fuerza la idea de que la falta de coherencia entre los elementos curriculares (ej., estándares de contenido, metas de aprendizaje, estrategias de enseñanza, actividades de enseñanza/aprendizaje y evaluación) probablemente es uno de los factores por los cuales los estudiantes no obtienen mejores resultados en aquellas pruebas (Fortus & Krajcik, 2012). De igual forma, Shwartz et al. (2008) ratifica que hay una desconexión entre dichos elementos.

Lo anterior, indica que la falta de coherencia de los materiales de enseñanza sobre ciencias se genera por la desarticulación de los elementos fundamentales del currículo como: metas de aprendizaje, conceptos transversales, estándares de competencias, prácticas científicas, estrategias instruccionales y de evaluación, entre otras causas (Shwartz et al., 2008). Esto deja en evidencia que dichos materiales no han sido debidamente informados por las diferentes teorías provenientes del campo de la educación, como las teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño instruccional, y la literatura de la educación en ciencias (National Research Council [NRC], 2012). En consecuencia, se hace necesario contar con una propuesta que ofrezcan salida a dicha problemática, permitiendo relacionar de manera sistemática los elementos de la enseñanza.

A propósito, la metodología de investigación sobre estudios de diseño se manifiesta como una línea de investigación que promete contribuir con el mejoramiento continuo de la calidad educativa, y que compromete además el componente de investigación y desarrollo. De esta

forma, en esta línea el objeto de investigación se enfoca en el diseño de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos o artefactos curriculares, sustentados sobre la base de dos aspectos complementarios. Por un lado, se incluye un conjunto de elementos tales como: los principales aportes de la literatura acerca de la manera en la que los estudiantes aprenden, las teorías sobre la pedagogía general y el diseño instruccional; y por otro, se considera el conocimiento del contexto de la práctica educativa¹, de manera que ambos aspectos orienten el desarrollo de un conocimiento de dominio específico sobre la enseñanza de un contenido particular (Candela, 2016).

Así pues, los estudios de diseño representan una metodología novedosa para el diseño de ambientes de aprendizaje, cuya importancia para esta investigación radica en que brinda los elementos necesarios, tanto para la construcción de una serie de teorías de dominio específico como para el diseño de un material de enseñanza² con coherencia curricular. Naturalmente, las primeras proporcionan al docente y diseñadores una perspectiva teórica y metodológica para la enseñanza y aprendizaje del tópico en cuestión, en tanto, el segundo (diseño del material de enseñanza) brinda a los estudiantes la oportunidad de alcanzar un aprendizaje por comprensión conceptual e integrada del tópico generativo en consideración.

Teniendo en cuenta que la literatura basada en la investigación educativa muestra pocos diseños relacionados con materiales de enseñanza con coherencia curricular sobre tópicos específicos de las ciencias (Candela, 2016), se hace oportuno diseñar un material en el que se alineen las teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño instruccional y la literatura en educación en ciencias, con relación a la enseñanza y aprendizaje de un tópico propio del currículo de las ciencias. De ahí que, se reflexione que el diseño de dicho material aportaría a minimizar la brecha existente entre la teoría proveniente de la investigación educativa y la práctica del diseño y la enseñanza (Shwartz et al., 2008), favoreciendo el aprendizaje en los estudiantes y su desempeño escolar.

¹ Cuando se habla de práctica educativa en este documento, se alude a la actividad dinámica y reflexiva que realiza el docente en su intervención pedagógica. Es decir, dicha práctica no sólo abarca la interacción profesor-estudiantes dentro del aula, sino también el pensamiento didáctico del docente, su planificación de la enseñanza y su reflexión sobre los resultados alcanzados (García, Loredo & Carranza, 2008).

² En este trabajo, se entiende por materiales de enseñanza al conjunto de actividades de enseñanza que han sido seleccionadas, secuenciadas y temporalizadas según lo dispuesto por las teorías de dominio específico, las cuales se representan y documentan a través de perspectivas de diseño como Objetos de Aprendizaje (OA), Progresiones de Aprendizaje Hipotéticas (PAH) y Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) (Candela, 2016).

En particular, resulta oportuno el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular sobre tópico generativo sonido para las ciencias, sentando así un precedente sobre nuevas formas de diseñar la enseñanza y los materiales curriculares para este tópico, al emplear estrategias cuyas bases están en la investigación en ciencias, la literatura sobre educación en ciencias, el diseño instruccional, articulando así los principales elementos de las disciplinas que intervienen en la práctica pedagógica. Así mismo, puede ser un referente para nuevas iniciativas, en la medida que tomen validez y reconocimiento dentro del campo del diseño curricular, como se ha demostrado en los últimos años.

Cabe recalcar, que el diseño de este material de enseñanza con coherencia curricular acerca del sonido, es de relevancia para el campo de la educación en ciencias, considerando que contribuye a extender la teoría sobre la enseñanza y el aprendizaje de tópicos específicos en contextos reales. Efectivamente, este tipo de estudio ofrece nuevas rutas de aprendizaje de las ciencias y la comprensión conceptual de los esquemas que la fundamentan a través de una serie de actividades de enseñanza coherentemente seleccionadas, secuenciadas y temporalizadas (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003).

En definitiva, el diseño de materiales de enseñanza con coherencia curricular desde los estudios de diseño, emerge como una alternativa significativa para abordar la falta de coherencia curricular en dichos materiales. Con este fundamento, se puede plantear una propuesta para el diseño de un material de enseñanza que responda a las dificultades propias de la enseñanza del tópico sonido tales como: el alto nivel de complejidad para su comprensión conceptual dada su naturaleza abstracta, la gran cantidad de conceptos que deben relacionarse, la dependencia de los conocimientos prerrequisitos, como son los esquemas conceptuales y la exigencia en los estudiantes de asociar y representar los fenómenos naturales así como sus interacciones a partir del lenguaje multinivel (Gabel, 1998). En consecuencia, el presente estudio abre la posibilidad a una mejor comprensión de la manera en la que las innovaciones educativas formuladas en las actuales reformas curriculares pueden funcionar en las aulas de ciencias, pues si bien no constituyen parte del trabajo actual, es probable que en un futuro cercano pueda ser llevado a la práctica dada la vigencia de la propuesta.

Para terminar, las teorías de dominio específico que se encuentran estrechamente vinculadas con el tópico sonido informan e ilustran el diseño de un material de enseñanza con

coherencia curricular para dicho tópico. Es decir, esas teorías prácticas se materializan a través de un material de enseñanza estructurado por actividades, cuyo propósito principal es el andamiaje del aprendizaje por comprensión conceptual e integrada del tópico sonido.

1.2. ANTECEDENTES

Los estudios de diseño son un paradigma prometedor que brinda muchas alternativas para diseñar ambientes de aprendizaje con coherencia curricular, bajo unos principios de diseño que orientan la construcción de materiales de enseñanza que permitan a los estudiantes alcanzar una comprensión conceptual de un tópico específico (Candela, 2016). Sin embargo, en las aulas de clase aún no se observa un impacto significativo, dado que persiste la pedagogía transmisionista en el diseño y desarrollo de las clases (Treviño, 2011).

Es evidente que muchos de los materiales instruccionales diseñados por los docentes para el desarrollo de sus prácticas educativas, no son planeados bajo las dimensiones curriculares, pedagógicas y didácticas propuestas por los estudios de diseño. Esto se traduce en que no haya una adecuada coherencia en dichos materiales entre las metas de aprendizaje, las ideas centrales del tópico científico, los conocimientos y prácticas científicas a desarrollar, y los resultados de la investigación en el campo educativo acerca de las dificultades en la enseñanza y aprendizaje del tópico a abordar. Lo anterior, provoca que aquellos materiales, en lugar de ser una alternativa para mediar el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, se conviertan en un obstáculo para dicho proceso en el aula.

Cabe resaltar que en la literatura sobre educación en ciencias, no se logra evidenciar la presencia de materiales educativos diseñados bajo las dimensiones curriculares y metodológicas para la enseñanza por comprensión conceptual del tópico sonido. Si bien es cierto que existen diversas secuencias didácticas que abordan este tema, estas no cumplen con los elementos que requiere el diseño de un material con coherencia curricular orientado al desarrollo de la comprensión conceptual e integrada de las ciencias naturales.

En este sentido, se relacionan a continuación algunos aportes teóricos y metodológicos sobre los estudios de diseño y materiales de enseñanza que fundamentan y consolidan el desarrollo de este trabajo de profundización:

Wiley (2000) hace una revisión de la literatura para realizar un breve análisis de las Teorías de Diseño Instruccional [TDI] para conectarlas con los Objetos de Aprendizaje [OA], resaltando la importancia que éstas tienen para que dichos OA puedan tener éxito en la mediación del proceso de enseñanza y aprendizaje, otorgándole un alcance y una secuencia.

Este estudio es muy importante para este trabajo de profundización porque le brinda elementos conceptuales que enfatizan en la importancia que tienen las teorías del diseño instruccional en brindar la trascendencia y secuencia en el diseño de materiales de enseñanza para mediar el proceso educativo.

Reigeluth (1999) en su trabajo busca dar respuesta al interrogante ¿Qué es el diseño instruccional? para lo cual desarrolla cada uno de los aspectos que caracterizan las Teorías de Diseño Instruccional [TDI], a la vez que las distingue y relaciona con las teorías del aprendizaje y del currículo. En consecuencia, logra dar aspectos que son comunes a todas las TDI, tales como: están orientadas al diseño, poseen métodos y situaciones, los métodos están configurados en componentes, y los métodos son de carácter probabilístico. Esta última característica marca una total distinción de las TDI con otro tipo de teorías, al dejar claro que no son de carácter determinista. En otras palabras, su naturaleza es prescriptiva en el sentido de que guían en la selección de qué método o métodos utilizar para alcanzar un determinado objetivo de manera más efectiva, no considerando éste como el único. De modo que, esta característica de prescripción hace ser a las teorías de diseño instruccional muy útiles para los educadores, al brindarles una orientación explícita de cómo lograr las metas de aprendizaje propuestas, caso contrario de las teorías del aprendizaje y del currículo, que tienden a ser descriptivas y centradas en los resultados del proceso.

Desde luego, este trabajo contribuye a la comprensión de las teorías de diseño instruccional y de cómo éstas pueden ayudar a mediar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Así, la comprensión de sus características esclarece el diseño del material de enseñanza, tomando elementos puntuales que ayudan a interpretar la teoría de la Enseñanza y Aprendizaje para la Comprensión de Perkins y Unger (1999).

Perkins y Unger (1999) desarrollan una importante investigación para dar sustento teórico a su planteamiento de lo que significa e implica una educación para la Enseñanza y Aprendizaje por Comprensión. Estos investigadores sostienen que el diseño de la enseñanza debe

ser con base a una pedagogía de perspectiva constructivista que esté enfocada a una pregunta fundamental ¿Qué es la comprensión? Por tanto, proponen que la comprensión debe de ser considerada un valor clave para el proceso de enculturación de los estudiantes y un interés central de la educación para que se represente de manera práctica en las aulas.

Por consiguiente, los autores consideran como una piedra angular para este enfoque de enseñanza y aprendizaje, el vínculo estrecho entre el desempeño y la comprensión. Dicho de otra manera, el estudiante comprende un tópico cuando es capaz de pensar y actuar creativa y competentemente con lo que ya conoce acerca de este. De ahí que, toda actividad de aprendizaje que demande del sujeto un pensamiento reflexivo es llamada desempeño por comprensión. Ciertamente, un desempeño por comprensión recoge el tópico que se desea que el estudiante internalice; además, representa el conjunto de acciones inteligentes que debe llevar a cabo, como por ejemplo resolver problemas, tomar decisiones, relacionar las ideas nuevas con las anteriores, extrapolar la comprensión a otros contextos. En este sentido, el aprendizaje por comprensión llega a ser un proceso progresivo donde se va alcanzado diferentes niveles del desempeño por comprensión, es decir, que gradualmente se expande la capacidad del desempeño flexible del estudiante.

Teniendo en cuenta los anteriores planteamientos, Perkins y Unger (1999) mencionan que la esencia del aprendizaje es comprometer a los aprendices en los desempeños por comprensión. Por lo tanto, sugieren dar respuesta a interrogantes, tales como: ¿Cómo debería seleccionar los tópicos o ajustar los establecidos para asistir a los estudiantes en el aprendizaje por comprensión? ¿Qué principios gobiernan la selección de los desempeños por comprensión? ¿Cómo pueden los aprendices ser ayudados para refinar y adelantar los desempeños por comprensión? Ahora bien, proponen para ello un marco teórico esencial para el diseño y la implementación de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos desde una perspectiva por comprensión, que serán direccionados a partir de los siguientes principios instruccionales: tópicos generativos, propósitos para la comprensión, desempeños de comprensión y evaluación continua.

Los planteamientos que Perkins y Unger sustentan en esta investigación, son de suma importancia para el desarrollo del diseño del material de enseñanza en consideración, debido a que direccionan y orientan a los profesores diseñadores y diseñadores instruccionales en la toma de decisiones curriculares e instruccionales para conseguir una planificación y ejecución efectiva

de la enseñanza, en pro de la comprensión que busca desarrollar desempeños. Así pues, los principios instruccionales que ellos proponen dan directrices de cómo lograr un diseño que proporcione un conocimiento de la enseñanza y aprendizaje de un contenido específico. De esta manera, la investigación es fundamental para dar respuesta a la pregunta de investigación formulada.

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el comienzo de la década de los ochenta los miembros del campo de la educación en ciencias aumentaron el interés por indagar sobre los problemas de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Esta situación, se tradujo en el desarrollo de un conjunto de marcos teóricos cuyo fin central fue explicar las diferentes problemáticas que se dan en la educación de estas disciplinas. Por ejemplo, los diversos estudios llevados a cabo a lo largo de este tiempo originaron una serie de constructos, tales como: cambio conceptual; concepciones alternativas; lenguaje en las ciencias; prácticas experimentales; conocimiento pedagógico del contenido; entre otros (Candela, 2016; Nuthall, 1997).

Conviene subrayar, que los diseñadores de las políticas educativas en educación en ciencias se han apoyado en los anteriores marcos teóricos, con el propósito de formular un conjunto de reformas educativas tanto a nivel global como nacional, las cuales han tenido como expectativa la de asistir a los estudiantes en el aprendizaje por comprensión conceptual de los contenidos de las ciencias (Candela, 2016; Cataño, 2016). Por ejemplo, en los Estados Unidos se llevó a cabo el proyecto 2061 (Barlex, 2001) que tiene como fin lograr la alfabetización científica en todos los ciudadanos. De igual manera, en Colombia se formularon los Lineamientos curriculares de la educación en ciencias (MEN, 1998), los Estándares básicos de competencia para las ciencias naturales (MEN, 2004) y los Derechos básicos del aprendizaje (MEN, 2016) cuyo fin es el de mejorar el rendimiento de la población estudiantil en ciencias.

Si bien, a las diferentes reformas curriculares las sustentan unas excelentes expectativas en cuanto al aprendizaje por comprensión conceptual de los tópicos del currículum de las ciencias, éstas no están siendo alcanzadas en la escuela primaria y secundaria. De hecho, esta situación se ha traducido en la falta de comprensión conceptual de los estudiantes con respecto a

los conceptos específicos, generando un rechazo por el estudio de las ciencias naturales (Agudelo, 2015; Cataño, 2016). Adicionalmente, en las últimas décadas se ha evidenciado una disminución en el número de estudiantes matriculados en las facultades de ciencias experimentales, quizás este hecho se da como consecuencias a la visión distorsionada sobre las ciencias que se ha reforzado desde las aulas (NRC, 1996).

Probablemente, uno de los factores que ha influido en el poco impacto de las anteriores reformas curriculares en el aula de ciencias en la escuela, ha sido la falta de coherencia curricular en los materiales de enseñanza (ej., objetos de aprendizaje, progresiones de aprendizaje, secuencias de actividades de enseñanza-aprendizaje). Ésta se refleja en la desarticulación entre los elementos de la enseñanza, tales como: los tópicos generativos, las metas por comprensión, los desempeños por comprensión, las estrategias de enseñanza y de evaluación. Adicionalmente, el tópico que representa la lección en cuestión no está vinculado de manera consciente con los otros contenidos dentro y a lo largo de los diferentes grados de escolaridad (Candela, 2016; Cataño, 2016; Roseman, Linn & Koppal, 2008; Schmidt, Wang & McKnight, 2005).

Definitivamente, lo anterior se genera como consecuencia que los materiales de enseñanza probablemente han sido diseñados y formulados sin apoyarse de manera consciente en las teorías educativas, tanto generales como específicas a las ciencias (ej., teorías del aprendizaje, pedagogía general, teorías del diseño de la enseñanza, y literatura en educación en ciencias) (Candela, 2016). En otras palabras, en el campo de la educación en ciencias se ha producido una ruptura entre la teoría proveniente de la investigación y la práctica del diseño y la enseñanza (The Design-Based Research Collective, 2003). En este sentido, la toma de decisiones curriculares y metodológicas que configuran el conjunto de intenciones de diseño, y las cuales se traducen en el material de enseñanza en cuestión no han estado informadas e ilustradas por las teorías antes mencionadas.

De esta manera, Reigeluth, (1999) y Wiley (2000) consideran que para superar la falta de coherencia intra e intercurricular en los materiales de enseñanza, los diseñadores o profesores deben de informar el diseño del ambiente de aprendizaje de un tópico específico a partir de las teorías del aprendizaje, las teorías del diseño de la enseñanza y la literatura en educación en ciencias. Desde luego, estos marcos teóricos informarían e ilustrarían la toma de decisiones curriculares y metodológicas que representan y documentan la enseñanza de un tópico

Diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular para el tópico generativo sonido

determinado con el fin de asistir a los estudiantes en la comprensión del contenido bajo consideración.

Adicionalmente, se considera que el conocimiento proveniente de las teorías de naturaleza genérica que se encuentra alineado con la enseñanza del tópico en cuestión, fundamenta teóricamente la toma de decisiones curriculares y metodológicas generando un conjunto de teorías de dominio específico o humildes³. Desde luego, que el desarrollo de dichas teorías le permite al diseñador o profesor el construir un material de enseñanza que probablemente presentará una coherencia intra e intercurricular, aspecto esencial para la implementación efectiva de éste (Brown, 1990-1992; Candela, 2016; Confrey, 2006).

Tomando en consideración los anteriores presupuestos, han emergido en el ámbito del diseño una serie de teorías instruccionales, entre estas se destaca la teoría de la enseñanza y el aprendizaje para la comprensión formulada por Perkins y Unger (1999). Desde luego, que dicha teoría en conjunción con las del aprendizaje y la literatura en educación en ciencias resultan de gran apoyo para asistir al diseñador profesor en la toma de decisiones curriculares e instruccionales, las cuales deben de articular de manera sistemática los elementos de la enseñanza, tales como: tópicos generativos, metas por comprensión, desempeños por comprensión, estrategias instruccionales y de evaluación formativa.

Por otra parte, el diseño de un ambiente de aprendizaje del tópico sonido juegan un papel crítico en el aprendizaje del currículum de las ciencias en la escuela primaria, como resultado a que éste es central para las ciencias, resulta accesible e interesante para los estudiantes, adicionalmente, se relaciona con otras lecciones dentro y a lo largo de los grado de escolaridad. Sin embargo, éste resulta difícil para que los estudiantes de la escuela primaria y secundaria logren alcanzar una comprensión conceptual, esta situación se da como consecuencia a que dicho tópico es de naturaleza abstracta. Además, a este tópico lo fundamenta el esquema conceptual de

³ Las teorías de dominio específico o humilde son consideradas un conjunto de sugerencias teóricas y metodológicas sobre cómo asistir al estudiante singular en el aprendizaje de un tópico específico. Así pues, a través de éstas se representa una serie de elementos que se encuentran alineados con la enseñanza y aprendizaje de un contenido específico, a saber: serie de ideas que configuran el concepto en cuestión; metas y desempeños de aprendizaje; dificultades/limitaciones concepciones alternativas; estrategias de enseñanza; formas de representar y formular las ideas; y evaluación formativa del contenido; entre otras (Brown, 1990-1992; Cobb et al., 2003; Confrey, 2006).

Diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular para el tópico generativo sonido

la conservación de propiedades no observable, junto con los niveles de representación de las ciencias (Johnstone, 1982).

Tomando en cuenta los anteriores presupuestos en este estudio se va enfrentar el siguiente interrogante de investigación:

¿Cómo diseñar un material de enseñanza con coherencia curricular del tópico generativo sonido desde la perspectiva de la comprensión de Perkins para los estudiantes de primero a tercero de primaria?

2. MARCO CONCEPTUAL

La elaboración de un marco conceptual sólido para el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular, requiere explicitar un conjunto de conocimientos que aborden de manera general los elementos teóricos de los estudios de diseño, y de forma particular el diseño de ambientes de aprendizaje desde la perspectiva por comprensión de Perkins. Naturalmente, dichos elementos informan y orientan la toma de decisiones curriculares e instruccionales, las cuales se concretan por medio de un material de enseñanza con coherencia curricular.

Teniendo en cuenta lo anterior, este marco conceptual se ha organizado en cinco secciones. La primera sección, trata sobre los estudios de diseño, sus características y principios que brindan la comprensión de sus requerimientos. En la segunda sección, se aborda la coherencia curricular como elemento clave en el diseño de materiales de enseñanza, para lograr la comprensión conceptual e integrada de un tópico específico. Así, en esta se conceptualiza la coherencia intra e intercurricular, haciendo claridad en los dos términos y las implicaciones que cada uno de ellos constituye. La tercera sección, denominada “Teorías de naturaleza general”, presenta los conocimientos sobre la manera como los estudiantes adquieren, organizan y emplean sus habilidades y conocimientos (Teorías del aprendizaje), y las estrategias de enseñanza que debe seguir el diseñador o profesor en el momento de planear, organizar e implementar el material de enseñanza (Pedagogía general).

Como cuarta sección se encuentra el apartado “Teoría del diseño instruccional: la enseñanza y el aprendizaje por comprensión de Perkins y Unger”, en el que se describen los principios y niveles por comprensión desde la perspectiva de Perkins y Unger (1999). Además, ofrece los principios instruccionales para la enseñanza de un tópico generativo, anexándole un quinto principio que relaciona la caracterización del contexto institucional en el cual se pretende hacer la implementación del trabajo en un futuro. Así, dentro de esta misma sección se encuentran las “Teorías de dominio específico”. Dichas teorías, muestran un conjunto de supuestos teóricos y metodológicos que informan sobre cómo orientar a los estudiantes en el aprendizaje de un tópico específico. Finalmente, la quinta sección presenta la literatura en educación en ciencias que permite tener claridad en cuanto a los niveles de representación de las ciencias que el estudiante debe diferenciar e integrar. También, expone el conjunto de

dificultades /limitaciones y concepciones alternativas con las que él enfrenta el aprendizaje del tópico generativo en consideración.

Para concluir, es relevante señalar que este marco conceptual fundamenta la toma de decisiones curriculares y metodológicas para la formulación de las teorías de dominio específico. Además, estas informan el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular sobre el tópico generativo sonido, con la probabilidad de mediar el proceso de enseñanza y aprendizaje de forma significativa y lograr la comprensión conceptual e integrada del tópico.

2.1. LOS ESTUDIOS DE DISEÑO

La ciencia del diseño educativo es una nueva metodología de investigación de carácter formativo, cuyo propósito es la producción de materiales de enseñanza de contenidos específicos y la generación de teorías de dominio específico o teorías-prácticas. Esta línea de investigación permite diseñar y explorar un conjunto de innovaciones sustentadas teóricamente desde las investigaciones en el campo de la educación en ciencias. Es decir, el diseño de un material de enseñanza se sustenta por una serie de decisiones curriculares y metodológicas, fundamentadas por las teorías del aprendizaje, las teorías del diseño instruccional, la pedagogía general y la literatura en educación en ciencias, alineados con el tópico en cuestión (The Design-Based Research Collective, 2003). En efecto, esta nueva perspectiva de investigación amalgama el diseño de ambientes de aprendizaje con la investigación sobre el aprendizaje de contenidos (Candela, 2016).

Es importante destacar que, los estudios de diseño son considerados como una metodología cualitativa e interpretativa que permite vincular un interrogante a la investigación (Shavelson, Phillips, Towne, & Feuer, 2003). De igual forma, su estructura muestra algunos de los principios que fundan la investigación científica, tales como: desarrollo de interrogantes con la finalidad de producir una teoría; literatura elaborada sistemáticamente; y construcción de una teoría a partir de un proceso de razonamiento coherente y explícito que sustenta el estudio en cuestión (Cobb et al., 2003; The Design-Based Research Collective, 2003).

Asimismo, se resalta que esta metodología basada en los estudios de diseño resulta de un trabajo cooperativo-colaborativo, con el cual se busca innovar en la educación. Esto se debe a

que se considera que el trabajo asociado entre los investigadores y los diferentes agentes educativos con el propósito de producir cambios significativos en el aula, permite descubrir nuevas relaciones entre las numerosas variables que forman parte del ámbito educativo, contribuyendo a refinar los componentes clave de una intervención. Esto se puede traducir en la generación de heurísticas para quienes buscan poner en práctica las innovaciones en su propio entorno, y eventualmente direccionar reformas en las políticas educativas tendientes a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje (Candela, 2016; Cataño, 2016).

Para terminar, la metodología basada en los estudios de diseño ha dado origen a múltiples enfoques (ej. objetos de aprendizaje, secuencias de enseñanza), con el propósito de llevar a cabo estudios de intervenciones educativas. Naturalmente, estos enfoques difieren en algunos aspectos, pero comparten los mismos principios de diseño. En este sentido, este trabajo de profundización se enmarca en la perspectiva del diseño de ambientes de aprendizaje, desde el marco de la enseñanza para la comprensión de Perkins, para el abordaje en el aula del tópico generativo sonido. Con ello, se pretende aportar a la disminución de la brecha existente entre investigación en el campo educativo y los problemas de aprendizaje en contextos reales (Brown, 1992; Collins, 1992).

2.1.1. Características de los estudios de diseño

La metodología de los estudios de diseño generalmente se caracteriza por pretender resolver problemas puntuales como la enseñanza de tópicos específicos, apoyándose en las teorías del aprendizaje, el currículo de las ciencias, la psicología y otras disciplinas relacionadas. En este sentido, su propósito principal es diseñar ambientes de aprendizaje y desarrollar teorías de dominio específico o teorías humildes de manera entrelazada, las cuales representan las acciones del profesor y los estudiantes durante el proceso de la enseñanza-aprendizaje de contenidos específicos, junto con las metas por comprensión a ser logradas por los estudiantes (Candela, 2016).

Por otra parte, la investigación y el desarrollo de las ciencias del diseño se dan a través de ciclos continuos de diseño, implementación, análisis y rediseño (Cobb, 2000; Collins, 1992). Es decir, esta perspectiva requiere de la práctica continua, la reflexión y la retroalimentación para evidenciar su efectividad y validez.

Cabe mencionar que, la investigación del diseño sitúa las teorías compartibles que son de utilidad a otros investigadores y diseñadores en el campo de la educación. Desde luego, este tipo de investigación debe tener en cuenta la funcionalidad del diseño en escenarios reales, sin limitarse al esquema escrito, garantizando la comprensión de los tópicos y los aprendizajes en cuestión.

2.1.2. Principios de la investigación de diseño

En la línea de los estudios de diseño, los investigadores de la educación en ciencias, con el ánimo de documentar y representar esta clase de estudios, han formulado unos principios que los orienten. El primer principio hace referencia al *diseño de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos*, el cual está representado en un material de enseñanza constituido por una serie de elementos y actividades secuenciadas, temporalizadas y alineadas por un sistema curricular coherente (Candela, 2016). Así pues, el material de enseñanza refleja la coherencia curricular que ayuda a alcanzar la comprensión conceptual e integrada de un tópico.

Por consiguiente, el proceso del diseño de ambientes de aprendizaje puede ser recogido en los siguientes presupuestos (Candela, 2016):

- Seleccionar un tópico generativo o una gran idea.
- Descomponer y secuenciar el tópico seleccionado.
- Formular las metas de aprendizaje.
- Diseñar estrategias de enseñanza de acuerdo con las metas de aprendizaje.
- Diseñar y secuenciar actividades de enseñanza que recojan cada una de las ideas que configuran el tópico.
- Diseñar estrategias de evaluación formativa y acreditativa.

El segundo principio alude a *la implementación de un diseño de ambientes de aprendizaje*, fase fundamental en la metodología de estudio de diseño. Cabe destacar que, la implementación del diseño está determinada por el contexto y el problema de enseñanza-aprendizaje (Candela, 2016). Por tal razón, el reconocimiento de las limitaciones y/o dificultades del diseño permite conocer la efectividad y validez del material instruccional, impulsando a los diseñadores a reflexionar y retroalimentar dicho material.

Vale la pena señalar que en este principio de implementación puede haber lugar a variaciones en algunos elementos del material de enseñanza, de acuerdo al contexto y el sistema de conocimientos, creencias y valores del profesor que lleva a cabo la enseñanza. En conclusión, este principio se resume en los siguientes aspectos (Candela, 2016):

- Reconocimiento de dificultades/limitaciones del diseño y cómo interactúan.
- Caracterización de cómo cada uno de los elementos que configuran el diseño es direccionado durante la implementación.

2.2. LA COHERENCIA CURRICULAR COMO PRINCIPIO CLAVE PARA EL DISEÑO EDUCATIVO

Los investigadores en el campo de la educación en ciencias han considerado la coherencia curricular de los materiales de enseñanza como uno de los elementos fundamentales para lograr el progreso en los procesos de aprendizaje, formación y desempeños de las ciencias por parte de los estudiantes. Ello se debe a que se estima que los materiales que presentan dicha coherencia, posibilitan el desarrollo de la comprensión conceptual e integrada del currículo de las disciplinas científicas (Candela, 2016; Cataño, 2016). En consecuencia, los ambientes de aprendizaje direccionados desde esta perspectiva contribuyen a superar las dificultades de aprendizaje con las que llegan los estudiantes al aula de ciencias.

Cabe resaltar que, los ambientes de aprendizaje de tópicos específicos se relacionan directamente con la coherencia curricular en términos de secuenciación de los conceptos que configuran las grandes ideas de la ciencia y la profundidad con la que se estudian dentro y a través de los grados, además de su alineación con las metas de aprendizaje (Schmidt et al., 2005). En virtud de ello, los materiales de enseñanza estructurados con coherencia curricular, posibilitan al estudiante transitar de manera apropiada por el amplio corredor conceptual de las ciencias.

Así pues, diseñar este tipo de materiales de enseñanza con coherencia curricular permite que los estudiantes se interesen por aprender, al lograr establecer la relación entre los conocimientos que ya poseen con los que están desarrollando en el aula, y con los que desarrollarán posteriormente. En efecto, esto se traduce en un mayor compromiso del estudiante en su proceso de aprendizaje, al percatarse que su progreso depende de los conocimientos

aprendidos dentro y a través de los grados de acuerdo a sus posibilidades y su edad (Candela, 2016).

Por otro lado, la comunidad de profesores e investigadores en el campo de la educación en ciencias y la línea del diseño, establecen distintos niveles de coherencia curricular, entre los que sobresalen: 1) coherencia en las metas de aprendizaje; 2) coherencia intra-unidad entre el tópico, 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. Es preciso aclarar que, cada una de las anteriores perspectivas posee sus propios desafíos, los cuales deben ser asumidos de acuerdo a las necesidades específicas de cada entorno (Cataño, 2016).

Seguidamente, se relaciona las clases de coherencia que son de interés en este estudio para el diseño del material de enseñanza.

2.2.1. Coherencia intra-curricular

En la metodología de los estudios de diseño, la coherencia intra-curricular hace referencia a la alineación de los elementos que constituyen el diseño de un ambiente de aprendizaje. En otras palabras, describe el proceso de articulación entre elementos como: tópicos generativos, metas por comprensión, desempeños por comprensión, estrategias instruccionales, actividades de aprendizaje y evaluación (Schmidt et al., 2005).

En este sentido, el diseño de un material de enseñanza con coherencia intra-curricular, articula los anteriores elementos para describir el corredor conceptual por donde deberá transitar el estudiante para alcanzar las expectativas del currículo prescrito. Además, con ello se favorece la motivación y compromiso del estudiante en el desarrollo progresivo de sus habilidades y destrezas, facilitando la comprensión conceptual de las ciencias (Schmidt et al., 2005).

2.2.2. Coherencia inter-curricular

Este nivel de coherencia curricular de la misma importancia que el anterior, fundamenta las conexiones multidisciplinares, impulsando la alineación entre los estándares, la evaluación y las políticas educativas del sistema escolar. Para tal efecto, establece la secuenciación de las

metas por comprensión, los desempeños por comprensión, los tópicos generativos, a través de las distintas unidades de una disciplina, al igual que entre diversas disciplinas, dentro y a lo largo de los grados de escolaridad (Shwartz et al., 2008).

2.3. TEORÍAS DE NATURALEZA GENERAL, ELEMENTO CLAVE PARA LA FORMULACIÓN DE TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO Y EL DISEÑO DE MATERIALES DE ENSEÑANZA CON COHERENCIA CURRICULAR

Las teorías de naturaleza general se conceptualizan como un cuerpo de conocimientos teóricos y metodológicos que explica la forma en la que un individuo aprende. De ahí que, estas teorías sean útiles para direccionar y fundamentar el diseño de ambientes de aprendizaje para la enseñanza de tópicos determinados, desde un carácter general. Dentro de este tipo de teorías, se adscriben las teorías del aprendizaje y la pedagogía general, cuyos elementos conceptuales sustentan la formulación de las teorías de dominio específico, e informan la toma de decisiones curriculares y metodológicas dentro del diseño de materiales de enseñanza (Candela, 2016; Cataño, 2016).

2.3.1. Teorías del aprendizaje

En siglo XX, se creó un conjunto de teorías denominadas teorías del aprendizaje, las cuales pretenden explicar la forma como el sujeto adquiere, organiza y emplea sus habilidades y conocimientos (Candela, 2016). Desde luego, estas teorías son fundamentales en el diseño de ambientes de aprendizaje, dado que brindan elementos teóricos y metodológicos para la construcción de materiales instruccionales que permiten informar e ilustrar la toma de decisiones curriculares y de enseñanza. Conviene subrayar, que los psicólogos han clasificado dichas teorías en las siguientes categorías: Conductista, Constructiva social, Constructivista sociocultural, Constructivista cognitiva y Modelo del procesamiento de la información. En concordancia con el interés de este trabajo, se hace énfasis en los elementos relevantes de las tres últimas categorías.

2.3.1.1. Teoría constructivista socio-cultural

Desde la perspectiva de Vygotsky (1978), el constructivismo socio-cultural se refiere al conjunto de teorías que enfatizan en el rol del contexto social y cultural, incluyendo el papel que juegan los demás estudiantes en el aprendizaje. En efecto, estas teorías destacan la importancia de la interacción social con el docente o un par más avanzado, como un medio para alcanzar los objetivos propuestos.

En este sentido, el campo educativo ha retomado de las teorías de Vygotsky dos aspectos principales: el primero, el lenguaje como herramienta de interacción social, elemento fundamental para el aprendizaje de las ciencias que permite superar las dificultades de los estudiantes frente a los contenidos científicos; y el segundo, el concepto de Zona de Desarrollo Proximal (ZDP), que representa la distancia entre el nivel de desarrollo efectivo del estudiante (aquellos que es capaz de hacer por sí solo) y el nivel de desarrollo potencial (aquellos que sería capaz de hacer con la ayuda de un adulto o un compañero más capaz). En otras palabras, se refiere al potencial de desarrollo conceptual de los estudiantes en un área determinada.

Desde allí surge el concepto de andamiaje (Hodgson & Hodgson, 1998a, 1998b), el cual describe aquellas acciones que el docente debe realizar para ayudar al estudiante a alcanzar las metas de aprendizaje. Dicho de otra manera, alude al apoyo temporal que se le brinda al sujeto en el proceso de aprendizaje hasta que logre desarrollar las competencias de manera individual. Así pues, estas acciones que emprende el estudiante con la colaboración del docente o de un par más avanzado, deben elevar su nivel de comprensión hacia el logro de los objetivos.

Es natural pensar que el proceso de andamiaje es responsabilidad del docente, quien debe secuenciar y temporalizar una serie de actividades que apoyen al estudiante durante el proceso de asimilación de los elementos conceptuales que le permitirán ganar independencia. De hecho, al estudiante mostrar su progreso, el docente podrá ir eliminando la estructura de andamiaje hasta que este exprese la capacidad de autonomía (Candela, 2016).

2.3.1.2. Teoría constructivista cognitiva

Bajo esta categoría, se agrupan varias visiones planteadas por autores del campo de la psicología cognitiva y de la educación, cuya característica común es reconocer que los aprendices usan experiencias pasadas para interpretar y comprender las nuevas experiencias. Es

decir, el constructivismo cognitivo sostiene que la construcción de un nuevo conocimiento está determinada por la información disponible, y por el conocimiento que el estudiante ya posee.

Para el desarrollo del presente trabajo, se aborda desde esta categoría el concepto de “cambio cognitivo”, que da cuenta de cómo el estudiante adapta el nuevo conocimiento dentro de sus esquemas existentes. Así, dicho concepto destaca dos procesos claves: *asimilación* del nuevo conocimiento dentro del conocimiento existente, y *acomodación*, donde existen estructuras que fueron modificadas con el fin de ajustar el nuevo conocimiento (Candela, 2016).

Con relación a la asimilación, esta se refiere al proceso en el que una persona usa el esquema mental que posee para interpretar la información que percibe sensorialmente (Furth, 1969). Cognitivamente, a dicha información se le da sentido o significado, a través de los esquemas mentales existentes, es decir, estos esquemas posibilitan interpretar la información en términos de lo que ya se conoce. Por este motivo, la asimilación no es resultado de la construcción de una copia interna de alguna realidad exterior, sino que es una estructura activa de la experiencia (Piaget, 1974). En cuanto a la acomodación, se afirma que es el proceso que le permita a una persona ajustar su esquema interno a la información asimilada (Furth, 1969). Esto significa que, si no hay coherencia entre dicho esquema y la interpretación de la experiencia, se ajusta el esquema con el fin de permitir la asimilación de la nueva información.

De acuerdo con Piaget (1974), una persona construye los significados de forma activa, a partir de la interacción entre la experiencia y sus esquemas internos. Vale la pena señalar que, este autor incluyó en su discusión sobre los esquemas cognitivos, tanto los conceptos como las operaciones que se requieren para modificarlos desde la experiencia (Glaserfeld, 1987; Piaget, 1974).

2.3.1.3. Teoría del procesamiento de la información

Los investigadores y educadores de la educación en ciencias han considerado la teoría del procesamiento de la información como un referente importante para el proceso de aprendizaje. De la misma manera, esta constituye un elemento importante a tener en cuenta en el diseño de materiales de enseñanza (Candela, 2016).

Como se puede inferir, esta teoría se fundamenta en la psicología cognoscitiva, apoyándose en el hecho de que la información que permanece en la memoria de largo plazo

determina de manera definitiva el proceso de percepci3n, tal como lo establece la teor3a Gestalt. Igualmente, esto es reafirmado por Ausubel (1968), cuando resalta la importancia de los conocimientos que el estudiante posee para los procesos de aprendizaje. A partir de estos elementos, surge el modelo del procesamiento de la informaci3n (Johnstone, 2006), que incluye aspectos como la percepci3n, almacenamiento a largo plazo y recuperaci3n de la informaci3n (Candela, 2016).

En forma general, esta teor3a plantea que los est3mulos externos (experiencias) son percibidos y filtrados por los sentidos para su posterior procesamiento. As3 pues, la informaci3n que ingresa a trav3s del filtro, es entonces procesada en la mente consciente o *espacio de memoria de trabajo*. Este espacio tiene dos funciones: 1) almacenar temporalmente la informaci3n y, 2) hacer uso de la informaci3n hasta que tenga sentido. Una vez hecho esto, es posible emitir una respuesta y/o almacenarla en la memoria de largo plazo (V3ase figura 1, Candela, 2016).

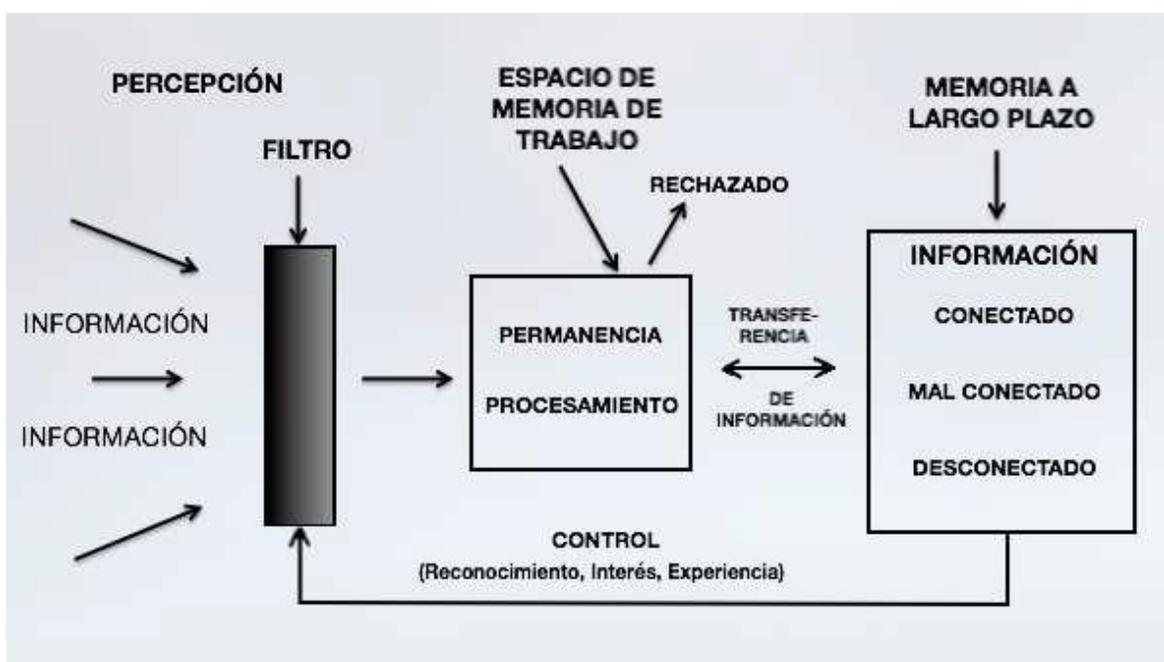


Figura 1. Modelo del procesamiento de la informaci3n. Fuente: Tomada de Johnstone (2006).

La explicaci3n que da esta teor3a sobre c3mo los estudiantes incorporan nueva informaci3n a su sistema de conocimientos de manera significativa, tambi3n brinda elementos de importancia para el dise1o de las actividades que estructuran el material de ense1anza sobre el sonido, al permitir conocer la manera en que se puede promover un procesamiento eficiente y

eficaz de la información. Dicha teoría afirma que el proceso de percepción está fuertemente influenciado por las experiencias, conocimientos y esquemas mentales del estudiante. Por ende, en el diseño de las actividades de enseñanza debe considerarse que la nueva información presentada guarde relación con aquella que el estudiante ya tiene guardada en su memoria a largo plazo. Ello facilitará que esa nueva información sea almacenada en dicha memoria y haga parte de su propio conocimiento, al tomar sentido dentro de lo que ya conoce. De esta forma, los nuevos conocimientos se vuelven más comprensibles y pueden ser empleados de forma efectiva.

Dicho de otra manera, estos planteamientos permiten tomar en cuenta dentro del diseño la necesidad de posibilitar que la nueva información presentada interactúe con el conocimiento que ya posee el estudiante en su memoria a largo plazo, para lograr el aprendizaje sobre el tópico bajo estudio. Por lo tanto, el docente debe facilitar al estudiante la recuperación de información que ya ha trabajado previamente y mantiene en su memoria a largo plazo, para la comprensión de nuevas temáticas. Además, es importante que utilice estrategias como el manejo de pequeñas unidades de información, con el fin de no sobrecargar la memoria a corto plazo de sus estudiantes.

2.3.2. Pedagogía general

La pedagogía general es considerada como un elemento fundamental en este estudio, ya que brinda las herramientas epistemológicas necesarias para gestionar un ambiente de aprendizaje, el cual debe estar ajustado a la naturaleza del tópico a ser enseñando (Abell, Appleton & Hanuscian, 2010). Es decir, la pedagogía general ofrece al docente los conocimientos básicos para seleccionar las mejores estrategias de enseñanza y orientar su práctica pedagógica en la enseñanza de un concepto específico.

Para los investigadores de la educación en ciencias, la pedagogía general se conceptualiza como un conjunto de estrategias instruccionales y formas discursivas que se pueden utilizar para mediar el proceso de enseñanza y aprendizaje en los estudiantes. En este sentido, cuando dichas estrategias se usan en un contexto específico y para un tópico en particular, la pedagogía general se transforma en el Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC), como un rasgo distintivo del profesor para la enseñanza de dicho tópico (Shulman, 1987).

En este orden de ideas, cabe destacar la doble funcionalidad de la pedagogía general: Primero, busca que las estrategias instruccionales seleccionadas estén alineadas con los contenidos, desempeños y metas de aprendizaje, aspecto fundamental para el diseño de materiales de enseñanza; y segundo, pretende que las estrategias seleccionadas de acuerdo al contexto se reflejen en el discurso del maestro durante la clase y permitan el aprendizaje por andamiaje. En consecuencia, la selección de las estrategias pedagógicas junto con los principios de diseño instruccional, dan origen a las diferentes actividades de enseñanza que secuenciadas y temporalizadas, se materializan en un artefacto curricular que apoyan la construcción conceptual de los conceptos del currículo de ciencias (Abell et al., 2010). Así pues, resulta muy importante que el docente establezca un equilibrio entre elementos clave como: administración y gestión de la clase, lenguaje y discurso, y modelos de enseñanza (Moriner-Dershimer & Kent, 1999).

Tomando como base los anteriores presupuestos, seguidamente se hace una conceptualización de los elementos constitutivos de la pedagogía general, que son de gran apoyo para el diseño del material de enseñanza con coherencia curricular del tópico en cuestión, a saber: rutinas, técnicas, estrategias y modelos de enseñanza.

2.3.2.1. Rutinas

La comunidad de la educación en ciencias conceptualiza las rutinas como una serie de comportamientos direccionados por el docente en la práctica de aula con la intención de dinamizar las actividades de aprendizaje, cuya representación generalmente es implícita. Es decir, estas hacen parte de la cultura y se vuelven invisibles a lo largo del proceso de enculturación científica (Abell et al., 2010).

Cabe mencionar que, dichas rutinas están sujetas a normas, comportamientos y conductas que son establecidas en común acuerdo entre los involucrados, con las cuales se busca crear un ambiente agradable y sin amenazas. A continuación, se describe algunas de las rutinas que resultan relevantes para el diseño de ambientes de aprendizaje (Candela, 2016):

Levantar la mano en clase. Funciona como una herramienta administrativa del dialogo entre profesor- estudiantes dentro una discusión en clase, y/o cuando uno o más estudiantes tienen dudas o puntos de vista para compartir con todos en el aula.

Organizar el aula de clase: Es la manera como los estudiantes disponen sus asientos en el salón, de acuerdo a la estructura que el docente ha definido para desarrollar una determinada actividad. En particular, hay cuatro posibles estructuras de organización del aula: interacción con toda la clase, no interactiva, en pequeños grupos de discusión, y trabajo individual. La elección entre una u otra estructura depende principalmente del objetivo y el tipo de actividad a desarrollar.

Transacción en la clase: Se favorece la interacción persona a persona, promoviendo que entre los estudiantes y con el docente se comparta, negocie e interaccione con el lenguaje cotidiano y científico llevado al aula. Es importante que el docente monitoree constantemente el nivel de comprensión y confusión que han alcanzado sus estudiantes, e intervenga cuando sea necesario, negociando significados y formas de significar el conocimiento a construir en clase.

Distribuir los materiales curriculares en la clase: Se encarga a un estudiante por grupo de la tarea de distribuir y manejar los materiales curriculares a emplear en una actividad, buscando crear un sentido de responsabilidad en dicho estudiante, y agilizar la distribución de estos materiales.

2.3.2.2. *Técnicas*

Se refiere a las acciones particulares que el docente realiza durante el proceso de enseñanza, las cuales pueden ser utilizadas en distintas disciplinas. Generalmente, se relaciona con una estrategia de enseñanza, una rutina, y cualquier otra técnica que se requiera. Al respecto, la comunidad de educación en ciencias ha formulado las siguientes técnicas (Candela, 2016):

Explicar una idea: Es útil cuando se quiere dar a entender algún elemento conceptual que tiene un alto grado de abstracción, por lo cual difícilmente los estudiantes lo puedan comprender por sí solos. Para un uso provechoso de esta técnica, es importante que las explicaciones sean claras, no darse con mucha frecuencia, y ser poco extensas. Asimismo, deben darse luego de generar una necesidad de conocimiento en los estudiantes, para no quitarles el protagonismo en su proceso de aprendizaje.

Formular preguntas: Sirve para determinar tanto el nivel de comprensión y confusión de los estudiantes, como para generar un ambiente de discusión e interpretación acerca de un elemento conceptual reflexionado en clase. Para su utilización, deben considerarse tres

Diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular para el tópico generativo sonido

elementos importantes: 1) el tipo de pregunta (abierta o cerrada), 2) la distribución de las preguntas (dirigirlas a toda la clase y no a unos cuantos estudiantes) y, 3) el tiempo de espera (dar un corto tiempo para responder al estudiante).

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. Esta 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.

2.3.2.3 Estrategia Predecir, observar y explicar (POE)

Las estrategias determinan un conjunto de acciones de enseñanza que articulan una serie de rutinas y técnicas, las cuales se pueden emplear en diversas disciplinas del conocimiento, dependiendo de la naturaleza del tópico a enseñar. Particularmente, la estrategia del POE ayuda a reconocer el nivel de comprensión que tienen los estudiantes sobre un tópico específico, a través de la elaboración de tres tareas básicas que fomentan el desarrollo del pensamiento concreto: Predecir, Observar y Explicar (Karplus & Their, 1967). Naturalmente, dichas tareas constituyen las fases en las que se implementa el POE, aunque, Candela (2016) sugiere integrar una fase de apertura al proceso de aprendizaje, llamada *Concentración*. Se presentan estas cuatro fases a continuación:

1.- Concentración: Introduce a los estudiantes en el lenguaje social científico a emplear en el proceso de enseñanza y aprendizaje sobre el objeto de estudio. En esta fase se pretende capturar el interés de ellos respecto al fenómeno a estudiar, brindando un contexto general en el que se presencien dicho fenómeno en circunstancias reales.

2.- Predicción: Brinda la oportunidad a los estudiantes de construir una idea que les permita explicar o deducir el comportamiento, sentido o significado de aquel objeto de estudio, a partir de sus conocimientos previos. En esta fase se busca explicitar las ideas iniciales de los estudiantes sobre aquel tópico a ser aprendido, el cual enfrentarán y reconstruirán durante el proceso de aprendizaje.

3.- Observación: Permite a los estudiantes entrar en contacto directo con el objeto de estudio. En esta fase se tiene la intención de que los estudiantes no solo vean el objeto de estudio, sino que realicen un proceso más complejo de interacción, en el que todos sus sentidos,

conocimientos y habilidades cognitivas interactúen con aquel objeto, para extraer la mayor cantidad de información que sea posible. En esta tarea, la orientación del docente es primordial, dado que él puede indicar los puntos focales en los que se debe prestar mayor atención.

4.- Explicación: Posibilita a los estudiantes relacionar sus hipótesis con los datos e ideas que han construido en las fases previas. En esta fase es donde se concentra el mayor trabajo mental, pues el estudiante debe contrastar su hipótesis con los datos obtenidos durante el proceso, para validar o falsear la hipótesis, de manera que construya conocimientos que le permitan explicar el fenómeno observado. Para ello, el estudiante debe relacionar la información que obtiene del mundo macroscópico, con los conocimientos que tiene acerca del mundo submicroscópico, estableciendo así una diferenciación e integración de los niveles de representación.

En definitiva, el POE como estrategia de enseñanza favorece el desarrollo de habilidades y destrezas científicas en los estudiantes, las cuales les permitan interpretar y representar de mejor forma los fenómenos cotidianos del mundo que los rodea, a partir del establecimiento de relaciones entre los sucesos de la vida cotidiana, y los modelos, leyes, principios y teorías propuestos por la ciencia.

2.3.2.4 Modelos de enseñanza

En la educación en ciencias se cree que el ciclo de aprendizaje está conformado por un grupo de actividades de naturaleza práctica y de pensamiento (Candela, 2016). Así pues, éstas son consideradas como elementos sinérgicos para favorecer la construcción de las ideas y conceptos científicos en el plano social e individual de los estudiantes (Roth, 1989).

De esta manera, el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular de un tópico específico, demanda la selección de un conjunto de herramientas pedagógicas que promuevan el desarrollo de competencias para alcanzar la comprensión conceptual e integrada de ese tópico. Es decir, en el proceso de diseño se requiere de un modelo de enseñanza que permita articular las estrategias, técnicas y rutinas más adecuadas para mediar el aprendizaje en el estudiante acerca de un tópico determinado (Candela, 2016).

En este sentido, un modelo de enseñanza es resultado de un conjunto complejo y bien estructurado de herramientas pedagógicas, enmarcadas dentro de una determinada perspectiva

sobre la enseñanza y el aprendizaje, que buscan apoyar al estudiante en la comprensión de un tópico. De ahí que, estos modelos formen parte del conocimiento pedagógico del contenido del docente, quien debe poseer elementos de juicio suficientes para seleccionar el modelo que mejor se ajuste a una situación de aprendizaje particular (Cataño, 2016).

En este punto, cabe señalar que hay varios modelos validados por la comunidad de investigadores sobre educación en ciencias para la enseñanza de tópicos específicos. Esto brinda al docente la posibilidad de desarrollar el modelo que considere más adecuado para cumplir sus metas de aprendizaje con respecto a determinado contenido. En este sentido, el Ciclo de Aprendizaje es tomado como un importante referente, el cual resulta pertinente para la enseñanza del tópico generativo sonido, por lo cual se sintetiza a continuación.

Modelo de enseñanza *ciclo de aprendizaje*: Este ciclo se puede considerar como un sistema iterativo que cuenta con tres etapas: exploración, introducción y aplicación (Karplus y Thier, 1967).

1.- Exploración: Los estudiantes activan y toman 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 pretende que los estudiantes evolucionen sus concepciones alternativas poco a poco hacia unas concepciones más elaboradas y sistemáticas, mediante la interacción entre pares, el profesor, las fuentes bibliográficas y otros medios de información.

3.- Aplicación: Los estudiantes ponen en práctica el conocimiento que ha empezado a evolucionar, en diferentes contextos al trabajado durante el proceso de enseñanza.

Conviene subrayar que, el modelo del ciclo de aprendizaje presenta algunas ventajas como: brindar al estudiante la oportunidad de avanzar paulatinamente, a lo largo del corredor conceptual en consideración, hacia formas más sofisticadas de pensamiento; posibilitar mejorar la actitud en los estudiantes hacia el estudio de las ciencias; favorecer en los aprendices el desarrollo de su capacidad de razonamiento y de habilidades superiores de manera más efectiva que los métodos transmisionistas (Abraham & Renner, 1986).

De igual forma, este modelo permite que dentro del desarrollo conceptual se tomen en cuenta aspectos fundamentales como las grandes ideas de las ciencias, las metas de aprendizaje, la selección y la secuenciación de las actividades de aprendizaje, las estrategias instruccionales y de evaluación. De esta manera, resulta una estructura coherente de las lecciones que contribuye a la comprensión conceptual e integrada de los tópicos (Abraham & Renner, 1986).

Por todo esto, puede concluirse que el ciclo de aprendizaje resulta de gran ayuda para el diseño de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos, dado que este permite internalizar y dar mayor sentido a dichos tópicos abordados en clase, al vincularlos con las experiencias previas de los estudiantes. Esto incrementa las posibilidades de alcanzar las metas de aprendizaje y los resultados planteados durante la fase de diseño del material de enseñanza de los conceptos del currículum de las ciencias.

2.4. TEORÍA DEL DISEÑO INSTRUCCIONAL: LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE POR COMPRENSIÓN DE PERKINS Y UNGER

En el campo de la educación en ciencias, han surgido las teorías del diseño instruccional (DI) como una alternativa para representar los contenidos a enseñar (Treviño, 2011). Estas teorías constituyen un cuerpo teórico y metodológico que brindan al docente una orientación clara sobre cómo enseñar de manera progresiva un concepto específico, de tal forma que apoye a los estudiantes en su aprendizaje, y favorezca el desarrollo de esquemas de pensamiento de orden superior en ellos. En consonancia con lo anterior, es pertinente que el docente y el diseñador de la enseñanza se apoyen en dichas teorías, con el fin de informar el diseño de ambientes de aprendizaje que faciliten a los estudiantes construir una comprensión profunda de un determinado tópico (Reigeluth, 1999).

Conviene mencionar en este punto, las principales características que poseen las teorías del diseño instruccional. Para comenzar, estas teorías son de naturaleza prescriptiva, dado que brindan las bases para seleccionar aquellos métodos de enseñanza mejor alineados con el alcance de las metas de aprendizaje planteadas, para favorecer la obtención de los resultados esperados del proceso de enseñanza-aprendizaje (Garay & Reina, 2016). Por esta razón, bajo estas teorías se estiman los aprendizajes que se buscan promover con un tópico, para de acuerdo a ello dar las

orientaciones sobre cómo debe ser su enseñanza para consolidar dichos aprendizajes (Reigeluth, 1999).

De esta forma, las teorías de diseño instruccional sustentan como propósito otorgar alternativas que enriquezcan y potencien los procesos de enseñanza-aprendizaje de contenidos específicos. Para tal fin, el conjunto de estas teorías se caracteriza por cinco aspectos esenciales comunes, los cuales permiten comprenderlas de forma más completa. Según Reigeluth (1999), las teorías de diseño instruccional se caracterizan por:

1. Estar orientadas al diseño. Se enfocan en los métodos de enseñanza que favorecen el logro de las metas de aprendizaje propuestas, esto es, se centran en cómo facilitar el aprendizaje, sin llegar a ser deterministas (Reigeluth, 1999).

2. Estar conformadas por métodos y situaciones. Demandan de dos componentes: los métodos, que dan orientaciones para facilitar el aprendizaje y el desarrollo; y las situaciones de enseñanza, que dan las indicaciones de cuándo hacer uso de esos métodos, tomando en cuenta las condiciones particulares y los resultados esperados de enseñanza, al reconocer que el proceso educativo es dinámico (Reigeluth, 1999).

3. Tener métodos constituidos por componentes específicos. Sus métodos de enseñanza pueden ser implementados de diferentes formas, al estar estructurados en características o componentes (Reigeluth, 1999). En otras palabras, los componentes de un determinado método pueden desarrollarse de diversas maneras en el aula, al momento de emplear ese método en el proceso de enseñanza-aprendizaje de un contenido específico.

4. Métodos de carácter probabilístico. Los métodos de enseñanza que las orientan son de carácter probabilístico, es decir, estos métodos no son deterministas, no garantizan el logro de las metas de aprendizaje. Sin embargo, si aumentan las probabilidades de alcanzar los resultados de enseñanza deseados (Reigeluth, 1999).

5. Reconocer la importancia del sistema de creencias y valores. Identifican la influencia que tiene el sistema de valores y creencias del diseñador en la toma de decisiones curriculares y de enseñanza. Se comprende que este sistema afecta de manera importante las decisiones respecto a cuáles son las metas de aprendizaje más convenientes para mejorar el proceso de

aprendizaje de los estudiantes, y cuáles son los métodos de enseñanza que posibilitan su alcance (Reigeluth, 1999).

A partir de las anteriores características, se puede entender que las teorías del diseño instruccional se diferencian de las teorías del aprendizaje y del currículo. Esto considerando que, las primeras (diseño instruccional) son prescriptivas, dando orientaciones directas al docente acerca de la manera de lograr las metas de aprendizaje, mientras que las otras (aprendizaje y currículo) son descriptivas, intentando describir cómo aprenden las personas o explicar los resultados de determinados hechos. No obstante, todas estas teorías se relacionan y complementan entre sí, puesto que las teorías del aprendizaje y del currículo suministran explicaciones sobre las razones por las cuales una teoría del diseño instruccional funciona o no, y pueden apoyar a los diseñadores en la construcción de sus propias teorías del diseño para situaciones acerca de las que no hay un marco teórico preciso (Reigeluth, 1999).

Ahora bien, con el propósito de desarrollar la comprensión conceptual en los estudiantes, se desarrolló la teoría instruccional de la enseñanza por comprensión, planteada por Perkins y Unger (1999), en la cual se manifiestan una serie de métodos de enseñanza y las situaciones en que pueden ser apropiados o no para desarrollar en el estudiante la comprensión relacionada con el desempeño. Cabe mencionar que, desde esta perspectiva, la enseñanza promueve en los estudiantes el desarrollo de esquemas de pensamiento de orden superior.

Desde la perspectiva de la enseñanza para la comprensión de Perkins y Unger (1999), las teorías del diseño instruccional se enfocan en el desarrollo de la capacidad de la comprensión. Así pues, el aprendizaje se orienta a la motivación y compromiso del estudiante para alcanzar los desempeños por comprensión.

Es importante señalar que, desde la teoría de diseño instruccional de la Enseñanza para la comprensión, se han planteado cuatro métodos que pueden ser considerados como principios clave para el diseño de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos. Con estos, se tiene la intención de orientar a los profesores y diseñadores en la toma de decisiones curriculares y metodológicas que les permita lograr una planificación y ejecución efectiva de la enseñanza (llamados métodos desde Reigeluth (1999)). En el siguiente apartado, se explican en detalle cada uno de estos principios.

2.4.1. Principios para el diseño desde la perspectiva de la comprensión de Perkins y Unger (1999)

El eje fundamental de esta teoría de diseño instruccional, es la capacidad de comprensión basada en el desempeño. Es decir, el diseño de la enseñanza debe estar fundamentado en actividades que permitan a los estudiantes desarrollar los desempeños, y, por lo tanto, alcanzar la comprensión conceptual acerca de un tópico determinado (Perkins & Unger, 1999).

Ahora bien, en el camino hacia el logro de dicha meta, han surgido interrogantes como: ¿Cómo deben seleccionarse los conceptos o ajustarse a los establecidos para apoyar a los estudiantes en el aprendizaje por comprensión? ¿Qué principios orientan la selección de los desempeños por comprensión? ¿Cómo se puede ayudar a los estudiantes a refinar y desarrollar los desempeños por comprensión? (Candela, 2016; Perkins & Unger, 1999). Este tipo de interrogantes dieron origen a cuatro principios que tienen como propósito guiar el diseño y la enseñanza de un concepto específico, los cuales se explican a continuación.

2.4.1.1. *Tópicos generativos*

En el diseño de la enseñanza por comprensión, es primordial la selección de un tópico que brinde al estudiante grandes posibilidades de lograr una comprensión conceptual e integrada de las ciencias (Candela, 2016). En este sentido, es fundamental la toma de decisiones del diseñador frente a qué enseñar, su importancia y pertinencia, puesto que muchos contenidos carecen de brindar oportunidades para desarrollar dicha comprensión por parte de los estudiantes. De esta manera, el concepto de tópico generativo posibilita seleccionar contenidos que sean apropiados para el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

De acuerdo con Perkins y Unger, (1999, citado por Candela 2016), un tópico generativo debe contar con las siguientes características:

1.-Central a una disciplina: Se refiere a que un tópico generativo es curricularmente estructurado, se articula con conocimientos principales y esquemas conceptuales propios de la disciplina, y establece relaciones con otras disciplinas. Es decir, permite realizar un recorrido por un corredor conceptual a lo largo de todos los grados.

Diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular para el tópico generativo sonido

2.-Accesible e interesante para los estudiantes: El tópico debe estar relacionado con la vida cotidiana de los estudiantes para que sea de fácil acceso y propicie su participación activa. De este modo, dicho tópico impulsa a que los estudiantes asuman la responsabilidad y el compromiso frente su aprendizaje y comprensión.

3.-Interesante para el profesor: Significa que sea un tópico que el docente valore y lo motive a disfrutar de su enseñanza. De esta forma, es posible que el profesor se interese y apasione en la enseñanza del tópico, planeando, organizando, implementando y evaluando su práctica pedagógica, en términos de disfrutar cada momento del proceso.

4.-Conectable: Quiere decir que sea un tópico aplicable en diferentes contextos, que establezca diferentes relaciones conceptuales dentro y a lo largo de los grados, de manera que ayude a configurar el currículo horizontal y vertical de la disciplina. En otras palabras, que sea un tópico que promueva la interdisciplinariedad.

2.4.1.2. Metas por comprensión

Las metas por comprensión orientan el desarrollo del tópico generativo y las actividades que se diseñan para alcanzar los desempeños por comprensión del mismo, de allí su rigurosidad al ser seleccionadas. 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. Adicionalmente, estas metas también sirven para direccionar la selección de los métodos de la enseñanza más ajustados a la situación. Perkins y Unger (1999), sugieren algunos atributos para la selección asertiva de las metas:

1.-Explícitas y públicas: Que sean claras y del conocimiento de todos. En este sentido, todos los agentes educativos inician reconociendo la intención educativa de las diferentes actividades de enseñanza que se llevarán a cabo en la práctica educativa.

2.-Fundamentales y generalizadas: Alineadas con el tópico generativo, es decir, direccionadas a la construcción conceptual de cada una de las ideas que estructuran dicho tópico, y tener una naturaleza general que permita la creación de otras metas más específicas.

3.-Central a la disciplina: Su desarrollo debe favorecer la comprensión conceptual e integrada de la disciplina, por lo cual deben vincularse con diferentes esferas de la vida. Para tal efecto, estas deben comprender cuatro dimensiones, a saber: conocimiento del contenido disciplinar, naturaleza de la disciplina, propósitos de la disciplina, y formas lingüísticas de representar y comunicar el conocimiento producido (Perkins & Unger, 1999).

2.4.1.3. Desempeños por comprensión

Considerando que los desempeños por comprensión son aquellas actividades que representan un desafío o reto al momento de ser llevadas a cabo por el estudiante, se ve en estos la oportunidad que le otorgan de desarrollar la capacidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que conoce (Perkins, 1999). En este sentido, los desempeños permiten hacer explícita la comprensión que ha logrado un estudiante sobre un determinado tópico hasta ese momento, y favorecen avances en esa comprensión. Para ello, resulta fundamental que las actividades o desempeños por comprensión planteados vayan más allá de la memorización, y las habilidades y actividades rutinarias.

Cabe resaltar que un desempeño por comprensión presenta dos características importantes: da a conocer el nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes y, los futuros avances de ésta (Candela, 2016). De ahí que, el diseñador de la enseñanza deba organizar y secuenciar los desempeños por comprensión de tal forma que facilite al estudiante el desplazamiento por un corredor conceptual, desarrollando la comprensión a un ritmo razonable, y llevándolos a un nivel de comprensión apropiado acorde a la edad y el grado.

En este principio, al igual que en los dos anteriores, también se deben tener en cuenta unos criterios de selección, como (Candela, 2016):

1.-Relación directa con las metas por comprensión: Deben direccionar expresamente las metas por comprensión formuladas para la enseñanza del tópico generativo. De esta forma, los desempeños pueden favorecer la oportunidad al estudiante de alcanzar una comprensión conceptual progresiva acerca del tópico en cuestión, y desarrollar habilidades de razonamiento de orden superior.

2.-Desarrollo y aplicación de la comprensión a través de la práctica: Deben dar al estudiante la posibilidad de evolucionar de una comprensión inicial a una de mayor alcance, más

profunda y robusta, a través del planteamiento de actividades de aprendizaje. Naturalmente, dichas actividades abordan cada una de las ideas en las que se dividió la enseñanza del tópico generativo, dando lugar al corredor conceptual y de habilidades de razonamiento que deberá recorrer el estudiante durante el aprendizaje del mismo.

3.-Comprometer múltiples estilos de aprendizaje y formas de expresión: Deben apoyar el desarrollo de diferentes estilos de aprendizaje y formas de expresión. Por ejemplo, en la fase exploratoria de la enseñanza, algunos estudiantes pueden decidir formular sus hipótesis haciendo uso de un mapa conceptual, mientras que otros pueden exponer sus hipótesis mediante un texto escrito en forma de prosa.

4.-Promover un compromiso reflexivo dentro de las actividades de aprendizaje: Deben promover en el estudiante su compromiso en acciones sustentadas por procesos cognitivos y metacognitivos, en los que la reflexión tenga un rol central. En efecto, este elemento es de interés común de las nuevas teorías del diseño de la enseñanza.

5.-Demostrar públicamente la comprensión: Desde la óptica de la planeación de la enseñanza, los desempeños deben ser visibles durante todo el proceso educativo (desarrollo y resultados). Esto permite que tanto el profesor como los estudiantes, a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje, tengan consciencia de las diferentes acciones que deben realizar para alcanzar progresivamente las metas por comprensión.

6.-Desde el punto de vista lógico, los desempeños de comprensión no necesitan ser visibles: Vale la pena aclarar que, a pesar de lo indicado en el criterio anterior, es natural que muchos estudiantes, durante el proceso educativo, ejecuten desempeños mentales en los que deben pensar a partir de lo que conocen, para lograr avanzar en la comprensión acerca de una idea del tópico generativo abordado.

2.4.1.4. Evaluación continua formativa

Este es un principio clave a considerar dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje para la comprensión, puesto que da la posibilidad al docente de monitorear permanentemente el nivel de comprensión, confusión y compromiso de los estudiantes durante dicho proceso. De esta forma, el docente puede identificar los avances y las dificultades de los estudiantes, para tomar

las decisiones de enseñanza pertinentes que generen oportunidades de aprendizaje para el manejo de los desempeños por comprensión afines al tópico bajo consideración.

Desde este principio, se hace posible entender el papel que cumple este tipo de evaluación en la comprensión conceptual e integrada de un tópico generativo. En este sentido, se reconoce la importancia que tiene la retroalimentación y la reflexión continua a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, y no solo al final. Además, se enfatiza en que la evaluación no se debe concebir como una nota, sino como un proceso complejo que brinda elementos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, de modo que se propicie el alcance de las metas propuestas. En otras palabras, este principio se constituye en un instrumento para que los estudiantes, acompañados por el docente, construyan una comprensión profunda durante su tránsito por el corredor conceptual que delimita el conjunto de metas y desempeños por comprensión propios del tópico abordado en el aula (Candela, 2016).

En conclusión, la evaluación continua formativa exige una valoración cuantitativa y cualitativa desde el inicio hasta el final del proceso de enseñanza-aprendizaje, la cual permita tener conocimiento de las dificultades y avances de dicho proceso. La importancia de este conocimiento, radica en que posibilita analizar las situaciones y favorecer el logro de las metas por comprensión planteadas.

2.4.2 Niveles de comprensión

En el marco conceptual de la enseñanza para la comprensión, existe una herramienta que brinda al docente la forma de reconocer tanto las fortalezas como las debilidades de los estudiantes. Esta herramienta, para poder examinar la comprensión de los estudiantes y orientar su futuro trabajo, debe adaptarse al tópico específico, y a los contextos y niveles de enseñanza en los cuales se usa. De esta forma, los niveles de comprensión como herramienta de trabajo, permiten promover en los estudiantes una comprensión más profunda sobre el tópico bajo estudio, y desafiar una próxima enseñanza. (Stone, M. 1999).

Según Boix Mansilla y Gardner, en el proceso de enseñanza y aprendizaje, los estudiantes pueden alcanzar cuatro niveles de comprensión: ingenuo, principiante, aprendiz y maestría. Estos niveles se relacionan con el razonamiento, en la medida en que ambos evolucionan de manera progresiva, por lo tanto cada nivel de comprensión va acompañado de un razonamiento cada

vez más avanzado. A continuación, se presentan brevemente los primeros tres niveles de comprensión, puesto que estos son los que se abordan dentro del diseño del material de enseñanza sobre el sonido.

2.4.2.1. Nivel de comprensión ingenuo

Los desempeños de comprensión ingenua se fundamentan en el conocimiento intuitivo, es decir, los estudiantes realizan descripciones imaginativas del fenómeno de estudio, por lo que su proceso de construcción del conocimiento se basa en captar información que está directamente disponible en el mundo, sin hacer ningún tipo de cuestionamiento. De ahí que, los estudiantes en este nivel no perciban con facilidad la relación entre lo que aprenden en la escuela y su vida cotidiana; además, no consideran el propósito y usos de la construcción del conocimiento (Stone, M.1999).

En otras palabras, en este nivel, los desempeños no muestran señales de dominio de lo que saben los estudiantes sobre el tópico en estudio. Ello se debe a que estos desempeños de comprensión son pocos reflexivos acerca de las formas en que el conocimiento es expresado o comunicado a los otros (Stone, M. 1999).

2.4.2.2. Nivel de comprensión de principiante

En este nivel de comprensión, los estudiantes logran desempeños que les permiten explicar y relacionar algunos conceptos e ideas disciplinares, y describir la naturaleza y objetivos de la construcción del conocimiento, al igual que sus formas de expresión y comunicación. En sus razonamientos tiene gran influencia la enseñanza del docente y los contenidos de los libros de texto, por lo que, generalmente, sus explicaciones son repeticiones de estos discursos.

2.4.2.3. Nivel de comprensión de aprendiz

Los desempeños de comprensión de aprendiz se fundamentan en los conocimientos y pensamientos disciplinares. Es decir, el uso flexible de los conceptos e ideas se relaciona con los conceptos disciplinarios y la vida cotidiana. La construcción del conocimiento se percibe como una tarea compleja que requiere de procedimientos y criterios que son propios de expertos. (Stone, M. 1999)

En este nivel, con los razonamientos adquiridos a lo largo del proceso de enseñanza y aprendizaje, el estudiante es capaz de argumentar procesos y procedimientos, apoyándose en conceptos propios de la disciplina y sus experiencias. Es decir, muestra capacidad para articular la teoría y la práctica, relacionando conceptos de la vida diaria y del contexto escolar (Stone. M, 1999)

2.4.3. Teorías de dominio específico

El diseño y desarrollo de un material de enseñanza con coherencia curricular debe estar informado e ilustrado por teorías de dominio específico. Es decir, los materiales instruccionales deben fundamentarse en un conjunto de presupuestos teóricos y metodológicos que emergen de la alineación entre las teorías generales (las teorías del aprendizaje, la pedagogía general, las teorías del diseño instruccional) y las teorías específicas (la literatura de la educación en ciencias), con el fin de dotar de coherencia curricular a dichos materiales (Candela, 2016).

Cabe señalar que, las teorías de dominio específico sostienen un conjunto de supuestos teóricos y metodológicos sobre cómo orientar al estudiante en el aprendizaje de un concepto específico dentro de un contexto real. En otras palabras, constituyen el sustento de los elementos de la enseñanza necesarios de considerar en el diseño y aplicación de actividades para mediar el aprendizaje de un tópico determinado, tales como: metas y desempeños de aprendizaje; dificultades/ limitaciones; concepciones alternativas; estrategias de enseñanza; formas de representar y formular las ideas; y evaluación formativa del contenido (Candela, 2016).

En efecto, estas teorías surgen a partir de la alineación del tópico a enseñar con el cuerpo de conocimientos que subyace a cada una de las teorías generales y específicas para potenciar el proceso de enseñanza y aprendizaje desarrollado en el aula acerca de ese tópico (Candela, 2016; Cataño, 2016). Dicha potenciación se debe a la articulación de los elementos de la enseñanza bajo la coherencia curricular que caracteriza al material de enseñanza diseñado desde esta perspectiva. De ahí que, este tipo de teorías puedan indicar las posibles cadenas de razonamiento que deben emplear los estudiantes para comprender conceptualmente las ideas de un tópico específico de las ciencias (Cobb et al., 2003).

De esta forma, las teorías de dominio específico generadas logran estar estrechamente relacionadas con el tópico generativo bajo estudio, informando e ilustrando de modo pertinente

el diseño de un material instruccional con coherencia curricular. Desde luego, la materialización de estas teorías tiene lugar a través del desarrollo del material de enseñanza con el que se pretende orientar el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada del tópico en los estudiantes.

2.5. LITERATURA DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

Para llevar a cabo el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular, es fundamental conocer el conjunto de dificultades/limitaciones y concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes al aula de clase. De ahí entonces que este conocimiento, junto con los otros elementos teóricos provenientes de las teorías de orden general, permitan diseñar una serie de actividades de aprendizaje que le brinden a los estudiantes las competencias y conocimientos necesarios para comenzar a superar dichas dificultades. De acuerdo con ello, se ha dividido el desarrollo de esta sección en dos aspectos esenciales: Diferenciación e integración de los tres niveles de representación de las ciencias, y Dificultades/limitaciones y concepciones alternativas de los estudiantes acerca del tópico generativo sonido.

2.5.1 Diferenciación e integración de los tres niveles de representación de las ciencias

En el aprendizaje de las ciencias, la diferencia entre los contenidos que el docente tiene como propósito enseñar a los estudiantes, y la manera como estos los entienden, se convierte en una dificultad para alcanzar la comprensión conceptual. Este es el caso del tópico sonido que, debido a su complejidad, exige la diferenciación clara entre los planos o niveles en los cuales tienen lugar los fenómenos (Véase figura 2). Dicho de otra manera, es necesario especificar si la descripción es a nivel macroscópico, submicroscópico o simbólico (Johnstone, 1982).

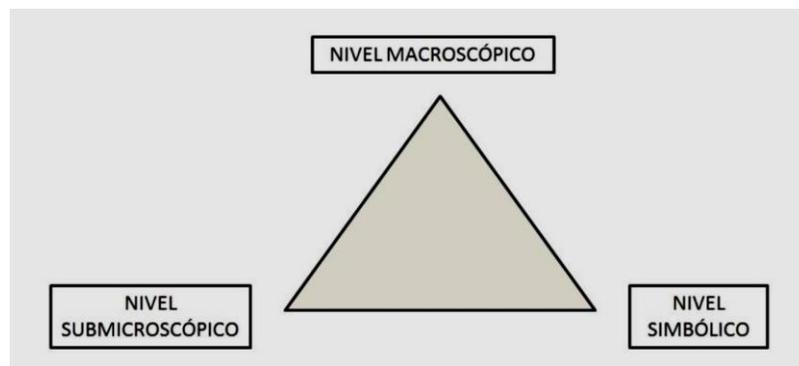


Figura 2 Niveles de representación. Fuente: Tomada de Johnstone (2006).

Para el caso de las ciencias, conviene tomar en cuenta que su lenguaje se encuentra estructurado en tres niveles principales: 1) Macroscópico, que hace referencia al mundo observable y tangible, donde tienen lugar los fenómenos que el estudiante puede visualizar a través de las prácticas científicas, o la cotidianidad; 2) Submicroscópico, alude a todo aquello que, en coherencia con las teorías existentes, ocurre a escala de las partículas, es decir, a nivel atómico o molecular; y, 3) Simbólico, en el que los estudiantes tienen la oportunidad de representar gráficamente aspectos de los niveles macroscópico y simbólico, mediante modelos, diagramas, fórmulas y ecuaciones químicas.

Es necesario mencionar que este diseño, por estar dirigido hacia el primer nivel o ciclo educativo (primero a tercero), las actividades que conforman el material se plantean en un alto porcentaje bajo el nivel macroscópico, y en menor medida en los niveles submicroscópico y simbólico. Esto responde al hecho de que el pensamiento concreto de los estudiantes a esta edad está fundamentado principalmente por lo sensorial, por aquello que pueden percibir directamente mediante sus sentidos.

2.5.2 Dificultades/limitaciones y concepciones alternativas de los estudiantes de primero a tercero de primaria acerca del tópico generativo sonido

En los estudios de diseño, un factor importante a tener en cuenta al momento de diseñar un material instruccional, son las dificultades y concepciones alternativas que poseen los estudiantes con relación al tópico en cuestión. De hecho, las teorías del diseño instruccional, y particularmente los principios de diseño de Perkins y Unger (1999) lo proyectan con el ánimo de obtener un diseño con mayores probabilidades de ser práctico y eficiente. Por consiguiente, se considera que estas limitaciones son un elemento relevante en el momento de desarrollar los principios de diseño, contribuyendo a que el material de enseñanza presente la debida coherencia curricular y propicie el desarrollo de un aprendizaje por comprensión.

Ahora bien, para determinar las dificultades de aprendizaje y las concepciones alternativas de los estudiantes acerca del tópico sonido, es necesario indagar en la literatura de la educación en ciencias acerca de estos aspectos. Dicha indagación permite advertir que existen pocas investigaciones educativas que tomen como objeto de estudio las ideas y concepciones que poseen los estudiantes de primaria sobre los fenómenos sonoros, encontrándose, en mayor medida, estudios centrados en las ideas al respecto de estudiantes del nivel de secundaria. Por tal

razón, se presentan las concepciones alternativas y las dificultades principales al momento de aprender acerca del sonido durante el ciclo de primero a tercero, halladas en los resultados de los estudios pertinentes para la presente investigación.

- El sonido sólo se propaga por medio del aire (Cárdenas Sánchez, 2014).
- Un sonido se produce por sí solo sin necesidad de que ningún cuerpo vibre (Cárdenas Sánchez, 2014).
- El sonido se propaga mejor por medios sólidos que por el aire (Perales Palacios, 1997).
- Utilización frecuente de los términos ruido y música en la descripción del sonido (Perales Palacios, 1997).
- Falta de conciencia sobre la necesidad de que exista un medio para que se propague el sonido (Álvarez Martínez, 2013; Cárdenas Sánchez, 2014).

3. PROPÓSITOS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1. PRÓPOSITOS

3.1.1. Propósito general

Diseñar un material de enseñanza con coherencia curricular para el tópico generativo sonido desde la perspectiva de la comprensión.

3.1.2. Propósitos específicos

- Explicitar los elementos teóricos y metodológicos que configuran
- el enfoque de diseño desde la perspectiva de las teorías de la enseñanza por comprensión de Perkins.
- Formular un conjunto de teorías de dominio específico que orienten el diseño del material de enseñanza por comprensión del tópico sonido.
- Diseñar un conjunto de actividades de enseñanza informadas a partir de las teorías de dominio específico del tópico sonido, que asista a los estudiantes de primero a tercero de primaria en la comprensión conceptual.

3.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Direccionados por el problema y los propósitos de investigación, se toma la decisión de configurar el proceso de recolección y análisis de datos a partir de las fases de análisis documental y análisis de datos para el diseño de un material de enseñanza por comprensión. Así, la primera fase tiene como tarea central, elucidar los principales elementos teóricos y metodológicos que subyacen al enfoque de la enseñanza y aprendizaje por comprensión de Perkins, los cuales informan el desarrollo de este estudio. En cuanto a la segunda fase, el propósito principal descansa en el desarrollo teórico de los principios de diseño que sustentan a dicho enfoque (ej., contexto, tópicos generativos, metas por comprensión, desempeños por comprensión, y evaluación formativa). Desde luego, esta tarea permite la formulación y documentación de un conjunto de teorías de dominio específico al tópico sonido.

Adicionalmente, estas teorías informan el desarrollo del material de enseñanza con coherencia curricular.

En este sentido, se considera que la metodología de análisis de contenido es la heurística más apropiada, tanto para desarrollar el marco teórico que sustenta a este estudio, como para llevar a cabo la formulación del conjunto de teorías de dominio específico, las cuales posteriormente informan el diseño y desarrollo del material de enseñanza del tópico sonido. Ciertamente, esta metodología brinda la posibilidad al diseñador para realizar inferencias interpretativas al conjunto de unidades de muestreo y contexto que recogen las teorías de naturaleza general y específica a la enseñanza del tópico sonido (Krippendorff, 1990).

3.2.1. Primera fase: Análisis documental

Con el propósito de formular el marco teórico que sustenta este estudio, se considera apropiado utilizar la metodología de análisis de contenido, dado que ésta brinda la posibilidad al investigador de llevar a cabo una lectura sistemática al cuerpo de conocimientos que configura la serie de unidades de muestreo, contexto y registro (Krippendorff, 1990)⁴. Conviene señalar que, el contenido que estructura el conjunto de unidades de análisis se encuentra alineado con la literatura que recoge, en primer lugar, los aspectos de los estudios de diseño; y en segundo lugar, la perspectiva de enseñanza por comprensión de Perkins.

De acuerdo con la finalidad de diseñar y desarrollar un material de enseñanza del tópico sonido que ayude a superar la falta de coherencia curricular en esta clase de materiales, se ha seleccionado un conjunto de unidades de muestreo y contexto, compuestas por artículos y capítulos de libros, que en el caso de esta investigación coinciden (Véase tablas 1 y 2). En cuanto a las unidades de registro, se han asumido las siguientes: título, introducción, secciones de desarrollo, y conclusión.

⁴ Krippendorff (1990) conceptualiza las unidades de análisis como: (a) Unidades de muestreo: son aquellas porciones del universo observado que serán analizadas; (b) Unidades de registro: son consideradas como la parte de la unidad de muestreo que es posible analizar de manera aislada; y (c) Unidades de contexto: es la porción de la unidad de muestreo que tiene que ser examinada para poder caracterizar una unidad de registro.

Tabla 1.
Contenido de la unidad de muestreo

UNIDAD DE MUESTREO	
FUENTE	TEMA
ARTÍCULOS DE REVISTA	-Estudios de diseño -Coherencia curricular -Teorías del diseño instruccional -Teorías del diseño de la enseñanza por comprensión de Perkins -Teorías de dominio específico
CAPÍTULOS DE LIBRO	-Estudios de diseño -Coherencia curricular -Teorías del diseño instruccional -Teorías del diseño de la enseñanza por comprensión de Perkins -Teorías de dominio específico

Fuente: Creación propia

Tabla 2.
Contenido de la unidad de contexto

UNIDAD DE CONTEXTO		
Autor(es)	Título del artículo o capítulo del libro	Tema
Candela, B. (2016)	Ciencias del diseño educativo	-Estudios de diseño. -Principios de la investigación del diseño. -Teorías de dominio específico.
	Las teorías del diseño un paradigma clave en las ciencias del diseño educativo	-Teorías del diseño. -Principios de la enseñanza por comprensión.
	La coherencia curricular como un principio del diseño de ambientes de aprendizaje	-Coherencia curricular.
Schmidt, W., Wang, C. & Mcknight, C. (2005).	Curriculum coherence: an examination of US mathematics and science content standards from an international perspective	-Coherencia curricular.
Perkins, D. (1999)	¿Qué es la comprensión?	-Enseñanza y aprendizaje por comprensión de Perkins.
Reigeluth, C. (1999)	What is instructional design theory and how is it changing?	-Teorías del diseño instruccional

Fuente: Creación propia

Hay que mencionar, que la lectura sistemática del conjunto de unidades de registro se lleva a cabo a través del instrumento de la rejilla de análisis, donde los ítems que configuran a ésta direccionan la búsqueda y selección de información relacionada estrechamente con el diseño

Diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular para el tópico generativo sonido

y desarrollo de materiales de enseñanza con coherencia curricular (Véase tabla 3). Desde luego, que la serie de categorías que configuran la rejilla de análisis son de naturaleza deductiva, es decir, provienen de la literatura en educación y de la sabiduría que otorga la experiencia.

Tabla 3.
Estructura de la rejilla de análisis de contenido

REJILLA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	
Código: Número-País de origen-Año de publicación.	Título de la publicación:
Autor(es):	Nombre del capítulo del libro o del artículo la revista:
CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS
Elementos de los estudios de diseño	-Características de los estudios de diseño -Principios para el diseño de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos -Coherencia intra e intercurricular
Teorías de la enseñanza y aprendizaje por comprensión de Perkins	-Principios de la enseñanza por comprensión -Niveles de comprensión -Teorías de dominio específico
Literatura en educación en ciencias	-Niveles de representación de las ciencias -Dificultades/concepciones alternativas del tópico generativo sonido

Fuente: Creación propia

3.2.1.1. Análisis de datos de la primera fase

En la fase de análisis documental se recogen los datos a través del instrumento denominado rejilla de análisis (Véase tabla 3), la cual está configurada por un conjunto de categorías y subcategorías con sus respectivas propiedades. Ahora bien, esta tarea analítica se lleva a cabo por medio de un método de comparación constante, que permite evidenciar la alineación existente entre las propiedades de las categorías y las características de significado que le dan sentido a las unidades de registro. Desde luego, esto permite adscribir el conjunto de unidades de registro a las diferentes categorías y subcategorías que estructuran el instrumento de la rejilla de análisis. De esta forma, esta heurística de análisis ofrece la oportunidad de organizar de manera sistemática el amplio rango de información que sustenta a este estudio.

La lectura sistemática a las unidades de contexto de esta fase, da un conjunto de rejillas cuyas categorías y subcategorías representan y organizan los datos documentales de esta investigación. Así pues, el contenido de cada una de las categorías de las diferentes rejillas es

Diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular para el tópico generativo sonido

releído y triangulado, con el propósito de evidenciar similitudes y diferencias. Esta tarea analítica permite formular un conjunto de generalizaciones naturalísticas (Véase tabla 4), las cuales dan origen a las diferentes secciones del marco conceptual de este estudio. Además, desde dicha tarea es posible definir los principios que direccionan el diseño y desarrollo del material de enseñanza con coherencia curricular del tópico generativo sonido (Véase tabla 5).

Tabla 4.
Generalizaciones naturalísticas que estructuran el marco conceptual

GENERALIZACIONES NATURALÍSTICAS MARCO CONCEPTUAL
<ul style="list-style-type: none"> -Estudios de diseño -Coherencia curricular como principio para el diseño -Teorías de naturaleza general, elemento clave para la formulación de teorías de dominio específico y el diseño de materiales de enseñanza -Teorías del diseño de la enseñanza por comprensión. -La literatura en educación en ciencias

Fuente: Creación propia

Tabla 5.
Principios que direccionan el diseño y desarrollo del material de enseñanza con coherencia curricular del tópico generativo, sonido

PRINCIPIOS DE DISEÑO
<ol style="list-style-type: none"> 1. Contexto Institucional 2. Tópico Generativo Sonido 3. Metas por Comprensión 4. Desempeños por Comprensión 5. Evaluación Continua y Formativa

Fuente: Creación propia

3.2.2. Segunda fase: Análisis de datos para el diseño de un material de enseñanza por comprensión

El análisis de la información recogida y documentada a través del conjunto de rejillas de análisis durante la fase documentación, permite elucidar los principales elementos teóricos y metodológicos que direccionan la formulación de las teorías de dominio específico, las cuales informan el desarrollo del material de enseñanza del tópico sonido. En este sentido, se establece que dicha tarea de diseño está enmarcada en cinco principios (Véase tabla 5), donde cuatro de éstos proviene de las teorías por comprensión de Perkins que son de naturaleza universal (ej.,

Diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular para el tópico generativo sonido

implementado en cualquier institución). Por otra parte, el quinto principio referido al contexto institucional, emerge de la necesidad de contextualizar las teorías de dominio específico junto con el material de enseñanza, a los antecedentes académicos y culturales de los estudiantes de grado tercero de la Institución Educativa Ateneo.

Ahora bien, con el propósito deliberado de desarrollar teórica y metodológicamente cada uno de los cinco principios que subyacen a la generación de las teorías de dominio específico de la enseñanza del tópico generativo sonido, se hizo necesario diseñar un formato cuyos ítems representan los anteriores principios (Véase tabla 6). Para ello, se toma 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 McTighe (2005), como de la sabiduría que otorga la experiencia. Naturalmente, las propiedades de cada uno de los ítems del formato en cuestión orientan al diseñador en la toma de decisiones curriculares y metodológicas, las cuales encarnan las teorías de dominio específico.

Tabla 6.
Formato de las teorías de dominio específico desde la enseñanza por comprensión

PRIMER PRINCIPIO: CONTEXTO	
ELEMENTOS CONTEXTUALES	DESCRIPCIÓN
	<i>¿Cuáles son los aspectos disciplinares y pedagógicos que orientan la enseñanza de las ciencias naturales?</i>
	<i>¿Cómo se transforma el currículum estatal en un currículum planeado?</i>
	<i>¿Cuáles son los conocimientos prerrequisito que apoyan el aprendizaje de las ideas que configuran el tópico generativo sonido?</i>
	<i>¿Cuáles son los antecedentes socioculturales de los estudiantes?</i>
	<i>¿Qué características poseen los profesores del área de ciencias?</i>
SEGUNDO PRINCIPIO: TÓPICO GENERATIVO	
SUB-CATEGORÍAS	DESARROLLO

¿Cuál es el tópico generativo?

¿Cuáles son las ideas que configuran el tópico generativo?

¿Cuáles son los temas con los que se relaciona el tópico generativo dentro y a través de los grados?

TERCER PRINCIPIO: METAS POR COMPRENSIÓN

SUB-CATEGORÍAS

DESARROLLO

¿Qué comprensiones específicas se trabajarán con los estudiantes?

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

¿Por qué es importante que los estudiantes alcancen una comprensión conceptual e integrada de este tópico?

CUARTO PRINCIPIO: DESEMPEÑOS POR COMPRENSIÓN

SUB-CATEGORÍAS

DESARROLLO

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

¿Cuáles son las dificultades y concepciones 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 brinden la oportunidad a los estudiantes de desarrollar los elementos 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 brindan la oportunidad a los estudiantes de comenzar a desarrollar los desempeños por comprensión alineados con este tópico?

QUINTO PRINCIPIO: EVALUACIÓN FORMATIVA

SUB-CATEGORIAS

DESARROLLO

¿Cómo sé que los estudiantes han comprendido el tópico generativo?

¿Cómo los estudiantes reflexionan sobre su aprendizaje?

Fuente: Creación propia

Además, cabe mencionar que el desarrollo de los anteriores principios debe estar informado por las teorías tanto de nivel general como específico 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). Finalmente, dicho formato posibilita la representación y vinculación de las teorías de la investigación educativa al diseño de un material de enseñanza por comprensión del tópico sonido.

Con el propósito de desarrollar las teorías de dominio específico alineadas con el tópico sonido, se realiza un análisis documental desde la perspectiva de (Krippendorff, 1990). Para ello, se hace una selección de un conjunto de documentos, los cuales están alineados con el diseño de la enseñanza y aprendizaje del tópico sonido. Así, dichos documentos estructuran las unidades de muestreo y contexto que para esta fase coinciden (Véase tablas 7 y 8), y cuyo cuerpo de conocimientos se convierte en los datos a ser analizados.

Tabla 7.
Contenido de la unidad de muestreo, segunda fase

UNIDAD DE MUESTREO	
FUENTE	TEMA
DOCUMENTOS DEL CURRÍCULO ESTATAL EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS.	-Lineamientos curriculares en educación en ciencias -Estándares básicos de competencias de educación en ciencias -Derechos básicos de aprendizaje de educación en ciencias -Matriz de referencia de la educación en ciencias
CURRÍCULO PLANEADO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA ATENEO	-Proyecto educativo institucional de la institución educativa Ateneo (PEI) -Plan de área de educación en ciencias -Plan de aula de educación en ciencias
CAPÍTULOS DE LIBROS Y ARTICULOS DE REVISTAS	-Teorías del aprendizaje -Pedagogía general -Literatura en educación en ciencias

Fuente: Creación propia

Tabla 8.
Contenido de la unidad de contexto, segunda fase

UNIDAD DE CONTEXTO		
AUTOR(ES)	TÍTULO DEL ARTÍCULO O CAPÍTULO DEL LIBRO	TEMA
Ministerio de Educación Nacional (MEN)	Lineamientos curriculares Estándares básicos de competencias en ciencias Derechos Básicos de aprendizaje	-Lineamientos curriculares en educación en ciencias. -Estándares básicos por competencias en educación en ciencias. -Derechos básicos de aprendizaje (DBA) en educación en ciencias. -Matriz de referencia de educación en ciencias
Currículum planeado Institución educativa Ateneo	Proyecto Educativo Institucional	-Plan de área de educación en ciencias -Plan aula de educación en ciencias
Candela (2016)	Las teorías del aprendizaje y la pedagogía general como marcos de orden general que iluminan la toman de decisiones de diseño curricular y metodológicas	-Teorías del aprendizaje: Teoría cognitiva, Teoría sociocultural, Teoría del Procesamiento de la información -La pedagogía general elemento fundamental para el diseño de ambientes de aprendizaje: Rutinas, Técnicas, Estrategias, Modelos de enseñanza.
Abell, S., Appleton, K., & Hanuscín, D. (2010)	Designing and teaching the elementary science methods course	-Pedagogía general.
Johnstone, A. H. (1982)	Macro- and micro-chemistry	-Niveles de representación de las ciencias: Macroscópico, Submicroscópico y Simbólico
Perales Palacios, F. (1997)	Escuchando el sonido: concepciones sobre acústica en alumnos de distintos niveles educativos	-Dificultades y concepciones alternativas de los estudiantes acerca del sonido.

Fuente: Creación propia

Los ítems que estructuran los cinco principios del formato de las teorías de dominio específico, son desarrollados a través de un proceso analítico de comparación constante, entre las características del ítem y los rasgos semánticos de una determinada unidad de registro. Por

ejemplo, para desarrollar el ítem ⁵ del principio contexto se hace uso de la unidad de muestreo y contexto denominada, lineamientos curriculares en educación en ciencias. En efecto, la lectura sistemática del cuerpo teórico de este documento permite identificar la unidad de registro cuyas características se encuentran alineadas con las propiedades del ítem en cuestión. De esta forma, esta tarea analítica permite formular el conjunto elementos teóricos y metodológicos que sustentan la enseñanza y el aprendizaje del tópico sonido. Así pues, esta tarea de análisis ofrece la posibilidad de desarrollar los cinco principios de diseño desde la perspectiva de Perkins, dando como producto las teorías de dominio específico del tópico sonido, las cuales informan el diseño de respectivo material de enseñanza con coherencia curricular.

⁵ ¿Cuáles son los aspectos disciplinares y pedagógicos que orientan la enseñanza de las ciencias naturales?

4. RESULTADOS

4.1. TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO PARA LA ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN DEL TÓPICO SONIDO

A continuación, la información anexa a las diferentes categorías y subcategorías de las rejillas, se ha incluido semánticamente, con el propósito de formular unas teorías de dominio específico que recopilan los principales principios de la perspectiva del diseño de materiales de enseñanza con coherencia curricular desde el enfoque de la enseñanza para la comprensión. Cabe mencionar que esta tarea analítica ha permitido evidenciar tres clases de teorías, a saber: teorías de tamaño de grano grueso, medio y fino. Las primeras, hacen referencia a las teorías del aprendizaje y la pedagogía general; las segundas, abordan los principales elementos de la educación en ciencias; en tanto que las últimas, están relacionadas con el diseño de material de enseñanza con coherencia curricular. Además, dicha tarea permite organizar una estructura lógica para el diseño del material de enseñanza sobre sonido con coherencia curricular con el propósito de informar y representar las teorías de dominio específico (Véase tabla 9).

Tabla 9.

Teorías de dominio específico desde la enseñanza por comprensión del tópico Sonido

PRIMER PRINCIPIO: CONTEXTO	
En este principio, se describen los aspectos más relevantes del contexto de la Institución Educativa Ateneo, destacando las características del currículo de las ciencias, los docentes de ciencias naturales y los estudiantes. Dichos aspectos son estimados como valiosos para el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular por comprensión.	
ELEMENTOS CONTEXTUALES	DESCRIPCIÓN
<i>¿Cuáles son los aspectos disciplinares y pedagógicos que orientan la enseñanza de las ciencias naturales?</i>	La construcción de las teorías de dominio específico que orientan el diseño de un material de enseñanza para el tópico generativo sonido, contribuye a la superación de la brecha existente entre los resultados de las investigaciones del campo de la educación y la práctica del diseño de materiales de enseñanza. De esta manera, dichas teorías permiten diseñar materiales de enseñanza con coherencia curricular, la cual se presenta en diferentes niveles, tales como: coherencia en las metas de aprendizaje, coherencia intra-unidad inter-unidad, coherencia en los estándares de contenido, coherencia en la planeación, la enseñanza y la evaluación de los contenidos de las disciplinas, coherencia en las prácticas científicas, coherencia en el lenguaje y coherencia en el material de enseñanza (Candela, 2016).
	En cuanto a la estructura curricular de los Estándares Básicos de Competencia

(EBC) en Ciencias Naturales relacionada con los conocimientos necesarios para el aprendizaje del tópico sonido, se observa que en el primer nivel de la básica primaria (primero a tercero) se abordan temáticas como fuentes de sonido, clasificación y propagación del sonido, vinculadas a las siguientes acciones de pensamiento:

- Identifico y comparo fuentes de luz, calor y sonido y su efecto sobre diferentes seres vivos.
- Clasifico sonidos según tono, timbre e intensidad.
- Propongo experiencias para comprobar la propagación de la luz y del sonido.

Dichas temáticas son prerequisites fundamentales para el aprendizaje en niveles superiores acerca del tópico en cuestión.

Asimismo, los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), en concordancia con los Estándares Básicos de Competencias (EBC), proponen el desarrollo de temas como naturaleza de la vibración, características y propagación del sonido en los diferentes estados de la materia, de la siguiente manera:

- Comprendo la naturaleza (fenómeno de la vibración) y las características del sonido (tono, timbre, intensidad) y que este se propaga en distintos medios (sólidos, líquidos, gaseosos).

De esta forma, se puede decir que el currículo institucional (planeado), está en parte orientado por los marcos prescriptos del currículo estatal. No obstante, las últimas reformas curriculares elaboradas en el país, han dado a las instituciones educativas públicas la autonomía para construir sus propios referentes orientadores como: Proyecto Educativo Institucional (PEI), plan de área, plan de aula, sistema de evaluación y proyectos transversales.

Considerando lo mencionado hasta el momento, se estima conveniente abordar el tópico Sonido desde tres temas principales para su enseñanza en el nivel educativo de primero a tercero:

1. Fuentes de sonido.
2. Clasificación del sonido.
3. Propagación del sonido.

Por otra parte, con el propósito de orientar el diseño y la enseñanza del tópico generativo sonido, se hace necesario tomar unas decisiones pedagógicas, las cuales apoyan la puesta en escena del conjunto de actividades de aprendizaje que representan este tópico. Así, respecto a la organización de la clase se considera pertinente orientarla en un alto porcentaje en pequeños grupos de discusión y discusión con toda clase. Esta decisión se toma considerando que la comprensión profunda del fenómeno físico del sonido, probablemente se logre a través de la transacción de significados y formas de significar generadas a partir de la serie de tareas que representan las diferentes ideas del tópico sonido. Conviene subrayar, que la clase también se organizará en estructura no interactiva y trabajo individual pero en un menor tiempo.

Por otro lado, el conjunto de actividades será diseñado y secuenciado a partir

del marco que sustenta el modelo del Ciclo de Aprendizaje. Éste consta de tres momentos: fase de exploración, fase introducción y fase aplicación. La primera le permite al estudiante volver consciente las concepciones alternativas del sonido; la segunda ofrece la posibilidad de hacer evolucionar de manera progresiva estas concepciones alternativas, y la última brinda la oportunidad para aplicar lo comprendido en otros contextos. Adicionalmente, las tareas que estructuran las diferentes actividades de cada una de las fases, estarán graduadas en los niveles de comprensión de Perkins (ej., ingenuo, principiante, aprendiz y maestría).

Así mismo, se considera pertinente para la enseñanza del tópico generativo de sonido, utilizar la estrategia del POE (Predecir, Observar y Explicar). Ésta le permite al estudiante el enfrentarse a los diferentes fenómenos físicos que representan las tres ideas, haciendo que ellos en un primer momento realicen inferencias sobre lo que puede suceder, posterior a éstas se lo enfrenta al fenómeno para que realice las observaciones, las cuales serán comparadas con las predicciones, finalmente, tiene que establecer relaciones de causa-efecto, cuyo fin será la comprensión del fenómeno.

La toma de decisiones curriculares y de enseñanza del diseñador para la construcción de un material de enseñanza con coherencia curricular, está mediada por los conocimientos, creencias y valores que éste posee. En este sentido, estos conocimientos influyen de manera directa en la transformación del currículum estatal al institucional.

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

En dicha transformación el docente pone en interacción sus conocimientos, creencias y valores, con los marcos teóricos provenientes del currículo estatal, el cuerpo de conocimientos propio de la literatura sobre educación en ciencias y, el conocimiento del contexto de la institución educativa en estudio.

En esta investigación, como resultado de la interacción descrita, se obtendrá el diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular en soporte informático, con recursos complementarios para el docente y el estudiante, en los que se recogerán diferentes aspectos como: el análisis conceptual del tópico a enseñar, las ideas centrales del tópico, 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 y las formas de evaluación el tópico.

¿Cuáles son los conocimientos prerrequisito que apoyan el aprendizaje de las ideas que configuran el tópico generativo?

En el proceso de enseñanza - aprendizaje acerca de cualquier tópico, resultan fundamentales los conocimientos previos que el estudiante posea al respecto para el desarrollo en el aula de las ideas que estructuran dicho tópico, de una manera que le permita lograr una comprensión conceptual e integrada de las ciencias. En este sentido, de acuerdo con los EBC y los DBA, se plantea que los conocimientos mínimos con los cuales los estudiantes deben abordar el desarrollo del tópico generativo sonido, son los siguientes: Comprende que los sentidos le permiten percibir algunas características de los objetos, como por ejemplo sus sonidos; Comprende que las sustancias pueden encontrarse en diferentes estados (sólido, líquido y gaseoso).

Además, se considera necesario que el docente establezca en el aula un *lenguaje común* (Candela, 2016), que esté en concordancia con la disciplina abordada (ciencias naturales). Lo anterior hace referencia al manejo de un lenguaje en el aula que sea construido y compartido mediante la transacción de significados y formas de significar entre el docente y sus estudiantes. Este aspecto toma relevancia porque permite una adecuada comunicación en el aula, posibilitando alcanzar una comprensión de las ideas centrales del tópico abordado. Para el caso de las ciencias, conviene tomar en cuenta que su lenguaje se encuentra estructurado en tres niveles principales: Macroscópico, Submicroscópico y Simbólico. Es necesario mencionar que este diseño, por estar dirigido hacia el primer nivel educativo, en el que el pensamiento concreto de los estudiantes a esta edad está fundamentado por lo sensorial, las actividades que conforman el material se plantearán en un alto porcentaje bajo el nivel macroscópico, y en menor medida en los niveles submicroscópico y simbólico.

En el Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la Institución Educativa Ateneo, se expone que esta es una institución oficial del municipio de Pradera-Valle, ubicada en el perímetro urbano. Con relación a sus estudiantes, se menciona que provienen de una población conformada en gran parte por inmigrantes de los departamentos del Cauca, Tolima y Nariño. Por ello, la diversidad cultural de la población estudiantil es amplia, contando con mestizos, zambos, indígenas y afrodescendientes entre los estudiantes.

En cuanto al aspecto familiar, se manifiesta que un 62% de los estudiantes provienen de familias nucleares, constituidas por el padre o padrastro, la madre y los hermanos. En algunos casos, en la familia se acogen a otros miembros como el abuelo, la abuela y los sobrinos. El 16% de los estudiantes pertenecen a familias donde la madre es cabeza de hogar. En menores porcentajes, existen familias donde quien falta es la figura materna y conviven solo con el padre y los hermanos.

¿Cuáles son los antecedentes socioculturales de los estudiantes?

En la mayoría de los casos, los padres trabajan, por lo que en gran parte del tiempo los niños y jóvenes permanecen solos en casa. Esto se traduce en una falta de acompañamiento adecuado, necesario para la formación integral del estudiante. También sucede que hay estudiantes con padres subempleados o desempleados que no cuentan con los recursos suficientes para satisfacer las necesidades básicas (alimentación, salud, educación, vivienda, servicios públicos), y con niveles de estudio bajos o nulos, presentando inconvenientes a la hora de apoyar a sus hijos en su proceso de formación.

Naturalmente, estas situaciones deterioran el ambiente escolar, influyendo en el rendimiento académico de los estudiantes. En efecto, los estudiantes llegan a la institución con dificultades de tipo conductual y cognitivo, que facilitan el surgimiento de riñas escolares y problemas de aprendizaje, resultado de la falta de atención y apoyo desde el hogar.

Sobre el aspecto lingüístico, se menciona que la mayoría de los estudiantes usan un vocabulario pobre para comunicarse. Igualmente, tienen problemas de escritura relacionados con la redacción, la ortografía y la caligrafía.

Ciertamente, se les dificulta expresar sus ideas en forma estructurada, tanto oral como escrito.

En la Institución Educativa Ateneo, los docentes de la básica primaria cuentan con estudios de licenciatura, y especializaciones y maestrías en diversas áreas del conocimiento. Sin embargo, en un mínimo porcentaje son licenciados en ciencias naturales, lo cual puede representar en la práctica una limitación en el diseño de la enseñanza de tópicos científicos, y un déficit en los aportes a la formación científica de los estudiantes.

Esta institución posee un total de 26 docentes a cargo de la enseñanza de las ciencias naturales. Conviene subrayar que, en el nivel de básica primaria se asigna un docente por grado, mientras que en secundaria se asignan los docentes por áreas, de acuerdo a su perfil y especialidad.

¿Qué características poseen los profesores del área de ciencias?

Ahora bien, en el PEI de la I. E. Ateneo se presenta el perfil del docente, en el cual se expresa que es importante que este tenga conocimiento sobre las potencialidades y dificultades de sus estudiantes para atenderlas adecuadamente. Además, se enfatiza en que el docente no solo debe poseer un conocimiento disciplinar de los contenidos enseñados, sino que también debe tener un conocimiento pedagógico de estos, de tal forma que pueda afrontar los problemas del aula con las estrategias pertinentes. Asimismo, se indica que la metodología de enseñanza empleada debe propender por motivar a los estudiantes hacia el aprendizaje.

Los docentes de la institución, en una u otra forma, poseen estas cualidades y otras más. Su profesionalidad se manifiesta en la forma como enseñan los contenidos de las asignaturas, en la constante actualización de su formación, en el aprovechamiento de los elementos del ambiente institucional y en la adaptación al medio.

SEGUNDO PRINCIPIO: TÓPICO GENERATIVO

Aquí se 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 del tema “Sonido” como un tópico generativo, que se encuentra conformado por un conjunto de ideas centrales necesarias de trabajar de manera lógica para lograr la comprensión del mismo, y se exponen los temas con los que este se relaciona conceptualmente a lo largo del currículo horizontal y vertical de las ciencias.

SUBCATEGORIAS DESARROLLO

¿Cuál es el tópico generativo?

En el diseño de la enseñanza por comprensión es fundamental seleccionar un contenido que ofrezca al estudiante grandes posibilidades de lograr una comprensión conceptual e integrada de las ciencias (Candela, 2016). En este sentido, el concepto de tópico generativo posibilita seleccionar contenidos que sean apropiados para el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias. De acuerdo con Perkins y Unger (1999, citado por Candela 2016, p. 97), un tópico generativo debe contar con las siguientes características:

1.- Central a una disciplina: Se refiere a que un tópico generativo es curricularmente estructurado, se articula con conocimientos principales y esquemas conceptuales propios de la disciplina, y establece relaciones con otras disciplinas.

2.- Accesible e interesante para los estudiantes: El tópico debe estar relacionado con la vida cotidiana de los estudiantes para que sea de fácil acceso y propicie su participación activa.

3.-Interesante para el profesor: Es decir, que sea un tópico que el docente valore y lo motive a disfrutar de su enseñanza.

4.-Conectable: Un tópico que establezca diferentes relaciones conceptuales dentro y a lo largo de los grados, de manera que ayude a configurar el currículo horizontal y vertical de la disciplina.

En concordancia con estas características, se considera el sonido como un tópico generativo, cumple con los anteriores criterios de selección. En primer lugar, el sonido es una onda mecánica que necesita de un medio para propagarse, es decir, este fenómeno es producido por la vibración provocada por la perturbación del aire. Además, al modelo teórico del sonido lo fundamenta el constructo de energía, el cual es transversal a muchos de los conceptos de las ciencias abordados en la escuela. En segundo lugar, este tópico tiene una relación estrecha con el mundo de la vida (ej., la comunicación, sonidos emitidos por los animales, instrumentos musicales, entre otros.). Por último, la literatura en educación en ciencias y la sabiduría que otorga la experiencia ha mostrado que este tópico resulta interesante para enseñar, como consecuencia a que hace parte de muchas situaciones cotidianas.

Además, el sonido es un fenómeno que está presente de diferentes maneras en la vida cotidiana de los estudiantes, de modo que, abordado en el aula apropiadamente, puede despertar su curiosidad, motivándolos a querer aprender y aplicarlo en su contexto. De igual forma, puede ser trabajado por el docente desde experiencias prácticas, llevándolo a innovar en su quehacer pedagógico.

Finalmente, este tópico tiene relaciones conceptuales con temas del mismo nivel educativo, como: Descripción y clasificación de objetos, de acuerdo a sus características percibidas con los sentidos; Identificación y clasificación de los estados físicos de la materia; Identificación de las fuentes de luz, calor y sonido, y sus efectos en los organismos. Igualmente, el sonido establece relaciones con temáticas que se abordan en niveles superiores, como por ejemplo: Transformaciones de la energía, Ondas mecánicas, Principio de la conservación de la energía, Movimiento ondulatorio.

¿Cuáles son las ideas que configuran el tópico generativo?

La selección y secuenciación de las ideas que estructuran al tópico generativo sonido, es una tarea necesaria en el diseño de materiales de enseñanza, dado que esto permite organizar el currículo coherentemente, posibilitando así al estudiante una comprensión conceptual e integrada del tópico en cuestión. Conviene subrayar, que en esta tarea se lleva a cabo la integración de los lineamientos derivados del currículo estatal (EBC, DBA, Matrices de referencia), con las metas por comprensión, los desempeños por comprensión, la evaluación continua formativa y el contexto institucional, en torno a un tópico que permite la explicación de una gran cantidad de fenómenos.

De acuerdo con ello, para el tópico generativo sonido se han seleccionado y secuenciado las siguientes ideas:

1. *El sonido proviene de diferentes fuentes que pueden ser naturales y artificiales, provocando diversos efectos sobre los seres vivos.*
2. *El sonido se puede clasificar según su tono, timbre e intensidad.*
3. *El sonido se propaga de un lugar a otro, pero siempre lo hace a través de un medio material.*

Un elemento estructurante en este trabajo es la coherencia curricular, el cual es considerado como un factor indispensable dentro de la práctica del diseño de materiales de enseñanza, dado que, influye de forma importante en el nivel de comprensión conceptual logrado por el estudiante sobre el tópico de las ciencias abordado. Por este motivo, se busca superar la falta de coherencia curricular en el diseño del material de enseñanza acerca del tópico sonido, considerando para el planteamiento de las actividades de aprendizaje, entre otros aspectos, la selección, secuenciación y temporalización de las ideas fundamentales del tópico en cuestión a lo largo de los diferentes niveles educativos.

De ahí que, acorde con lo planteado en los EBC y los DBA, en el abordaje del sonido durante los diferentes grados de escolaridad, los estudiantes deberán desarrollar conocimientos acerca de los siguientes temas:

GRADO PRIMERO: Uso de los sentidos para describir y caracterizar los objetos del entorno.

GRADO SEGUNDO: Clasificación de las sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso, a partir de propiedades observables a simple vista.

GRADO TERCERO: Naturaleza del sonido (fenómeno de la vibración); Características del sonido (altura, timbre, intensidad); Propagación del sonido en distintos medios (sólidos, líquidos y gaseosos).

GRADO SÉPTIMO: Formas y transformaciones de la energía en un sistema mecánico y la manera como, en los casos reales, la energía se disipa en el medio (calor, sonido).

GRADO OCTAVO: Tipos de ondas mecánicas; Características de las ondas mecánicas (frecuencia, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda)

GRADO NOVENO: Principio de conservación de la energía en ondas que cambian de medio de propagación.

GRADO DÉCIMO: Transformaciones de la energía que se producen en sistemas no conservativos como las vibraciones, en concordancia con la conservación de la energía.

¿Cuáles son los temas con los que se relaciona el tópico generativo dentro y a través de los grados?

GRADO UNDÉCIMO: Naturaleza de la propagación del sonido como fenómeno ondulatorio (ondas mecánicas); Leyes y principios del movimiento ondulatorio.

TERCER PRINCIPIO: METAS POR COMPRENSIÓN

En este principio, se presentan las metas de aprendizaje que se pretende que los estudiantes alcancen durante el abordaje del tópico generativo “Sonido”, 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

Como es sabido, el docente cuando se encuentra frente a la tarea de construir las metas de aprendizaje, en este caso llamadas metas por comprensión, debe recurrir a las orientaciones dadas desde el currículo estatal, en sus documentos oficiales, como los EBC y los DBA. En concordancia con esto, en el planteamiento de las siguientes metas por comprensión para el tópico generativo “Sonido”, se tienen en cuenta las metas relacionadas con dicho tópico para el nivel educativo de primero a tercero, propuestas por el Ministerio de Educación Nacional en los documentos ya mencionados.

A continuación, se indican las metas por comprensión generales que se trabajarán con los estudiantes durante el abordaje del tópico en cuestión:

¿Qué comprensiones específicas se trabajarán con los estudiantes?

- Reconozco en el entorno fenómenos físicos que me afectan y desarrollo habilidades para aproximarme a ellos *-Estándar del nivel de primero a tercero, EBC (MEN, 2004)-*.
- Escucho activamente a mis compañeros y compañeras y reconozco puntos de vista diferentes *-Acción de pensamiento del nivel de primero a tercero, EBC (MEN, 2004)-*.
- Cumpló mi función y respeto la de otras personas en el trabajo en grupo *-Acción de pensamiento del nivel de primero a tercero, EBC (MEN, 2004)-*.
- Comprende la naturaleza (fenómeno de la vibración) y las características del sonido (tono, timbre, intensidad) y que este se propaga en distintos medios (sólidos, líquidos, gaseosos) *-Enunciado que indica el aprendizaje estructurante, DBA (MEN, 2016)-*.
- Desarrolla competencias lingüísticas comunicativas, expresando e interpretando conceptos, pensamientos, hechos y opiniones a través de discursos orales y escritos *-Meta por comprensión propia, planteada a partir de Candela (2014)-*.

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

Dentro del enfoque de enseñanza y aprendizaje por comprensión, no sólo es fundamental desarrollar un modelo mental o un conjunto de esquemas apropiado sobre un determinado tópico disciplinar. También, es imprescindible que estos les permitan a los estudiantes realizar procesos de razonamiento acerca del tópico abordado, con el fin de poder explicar determinados fenómenos y solucionar problemáticas en otros contextos. De esta forma, se impulsa a que ellos pongan en juego su comprensión conceptual (Candela, 2016).

Por esta razón, se describen aquí los procesos de razonamiento y/o habilidades que los estudiantes deberán desarrollar, durante el abordaje del tópico generativo “Sonido”. Conviene subrayar que, en la determinación de dichos procesos, se consideraron los documentos estatales EBC y DBA, los cuales contienen las acciones de pensamiento y evidencias de aprendizaje vinculadas a las metas planteadas para el tópico generativo abordado. En este sentido, los estudiantes, al comprender cada una de las ideas centrales del tópico mencionado, serán capaces de llevar a cabo los procesos de razonamiento y/o habilidades presentados en la siguiente tabla, las cuales están asociados a los niveles de comprensión de Perkins:

Nivel de comprensión	Procesos de razonamiento y/o habilidad
<i>Ingenuo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y comparar las fuentes de sonido y su efecto sobre diferentes seres vivos. • Describir y comparar sonidos según su tono (grave o agudo), su timbre y su intensidad (fuerte o débil). • Clasificar sonidos según su tono, timbre e intensidad. • Comparar y describir cómo se atenúa (reduce su intensidad) el sonido al pasar por diferentes medios (agua, aire, sólidos) y cómo influye la distancia en este proceso. • Registrar mis observaciones en forma organizada y rigurosa (sin alteraciones), utilizando dibujos, palabras y números.
<i>Principiante</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar que el sonido es una vibración, mediante el uso de fuentes para producirlo: cuerdas (guitarra) y parches (tambor), identificando en cada una el elemento que vibra. • Establecer la relación entre el estado de agregación del material y la rapidez con la que se propaga el sonido a través de éste. • Formular preguntas sobre objetos y fenómenos del entorno y explorar posibles respuestas. • Identificar las condiciones que influyen en los resultados de una experiencia. • Seleccionar la información apropiada para dar respuesta a las preguntas.
<i>Aprendiz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Proponer experiencias para comprobar la propagación del sonido. • Comunicar de manera oral y escrita el proceso de indagación y los resultados obtenidos.

Los anteriores aspectos son clave considerarlos en el momento de plantear las actividades de enseñanza, de manera que estas favorezcan el desarrollo de cada uno de los niveles de comprensión correspondientes al tópico específico bajo consideración. Es decir, estos aspectos sirven como guía para saber hacia dónde se debe orientar el proceso de enseñanza y aprendizaje, de tal forma que les permita a los estudiantes alcanzar y desarrollar los niveles de comprensión pertinentes para el tópico abordado. En consecuencia, estos niveles posibilitan saber si ellos están alcanzando las metas por comprensión generales

propuestas, al hacer el aprendizaje observable al docente.

En general, el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, les permite a los estudiantes conocer y resolver sus inquietudes acerca de los procesos físicos, químicos, biológicos y ambientales constitutivos de las formas de vida de las que hacen parte. Con ello, se espera formar ciudadanos con los conocimientos científicos básicos necesarios que les permitan ser partícipes activos y responsables en su sociedad, asumiendo una posición crítica y comprometida frente a la problemática ambiental actual.

Ahora bien, sobre el tópico “Sonido” se puede decir que es importante su comprensión por parte de los estudiantes, ya que este, al tratarse de una onda mecánica que necesita de un medio para propagarse, es un fenómeno que para su aprendizaje requiere de un proceso de reflexión y discusión con otros, el cual favorezca el entendimiento de cómo y por qué sucede. En efecto, es un tópico que lleva a pensar más allá de lo evidente, por lo que a partir de su enseñanza se puede contribuir a que los estudiantes desarrollen y potencialicen las habilidades de observación, descripción y explicación de experiencias y fenómenos de la vida cotidiana, como lo es el sonido.

¿Por qué es importante que los estudiantes alcancen una comprensión conceptual e integrada de este tópico?

Cabe mencionar también que, el tópico sonido aporta a la comprensión del concepto de energía, el cual es transversal a muchos otros conceptos de las ciencias abordados en la escuela. Además, como es de suponer, este tópico está estrechamente vinculado con muchas situaciones de la cotidianidad (ej., la comunicación, sonidos emitidos por los animales, instrumentos musicales, entre otros.), lo cual lo hace interesante para ser enseñado.

Finalmente, se puede mencionar que, a partir del abordaje de este tópico es posible promover principalmente el desarrollo de las competencias prácticas y lingüísticas de comunicación. Con respecto a las primeras, para la comprensión conceptual e integrada de este tópico, es necesario que los estudiantes realicen experiencias o actividades experimentales que les posibilite reconocer cómo se produce el sonido y cuáles son sus cualidades primordiales, promovándose mediante estas experiencias habilidades como la toma y uso de datos. En relación a las competencias lingüísticas comunicativas, dada la naturaleza compleja del tópico, se hace indispensable el planteamiento de actividades de enseñanza en las que se promueva la participación del estudiante a través de la lectura, escritura y sobre todo la oratoria, favoreciéndose así el desarrollo de las habilidades necesarias para hablar, leer y escribir adecuadamente.

CUARTO PRINCIPIO: DESEMPEÑOS DE COMPRENSIÓN

En este principio, se presentan los desempeños por comprensión vinculados al tópico generativo “Sonido”. Conviene precisar que estos desempeños se refieren a actividades cuyo desarrollo por parte del estudiante le posibilitan poner en práctica su comprensión sobre un determinado tópico, y llegar a comprenderlo mejor. Para lograr esto, dichas actividades deben representar para el estudiante un desafío, yendo más allá de la memorización y la rutina.

SUBCATEGORIAS DESARROLLO

¿Qué desempeños tendrá que desarrollar el estudiante para

Considerando que los desempeños por comprensión son aquellas actividades que representan un desafío o reto al momento de ser llevadas a cabo por el estudiante, se ve en estos la oportunidad que le otorgan de desarrollar la capacidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que conoce

comprender el tópico generativo? (Perkins, 1999). En este sentido, los desempeños permiten exhibir la comprensión que ha logrado un estudiante sobre un determinado tópico hasta ese momento, y favorecen avances en esa comprensión. Para ello, resulta fundamental que las actividades o desempeños por comprensión planteados vayan más allá de la memorización, y las habilidades y actividades rutinarias (Perkins, 1999). De ahí que, sea vea la pertinencia de apoyar la selección de estos desempeños en un conjunto de criterios, a saber: (1) Relación directa con las metas por comprensión, 2) Desarrollo y aplicación de la comprensión a través de la práctica, 3) Comprometer múltiples estilos de aprendizaje y formas de expresión, 4) Promover un compromiso reflexivo dentro de las actividades de aprendizaje, 5) Demostrar públicamente la comprensión (Candela, 2016).

De acuerdo con ello, los desempeños por comprensión que se proponen como necesarios de desarrollar sobre el tópico generativo “Sonido”, se ajustan a las actividades de comprensión planteadas por Perkins (2003), las cuales se corresponden con los niveles de comprensión indicados por este mismo autor. En la siguiente tabla se presentan estos aspectos:

Nivel de comprensión	Actividad de comprensión	Descripción de actividad
<i>Ingenuo</i>	DESCRIPCIÓN	Narración detallada de algún fenómeno o situación: “Enuncia detalladamente los elementos observados durante ...”
	COMPARACIÓN	Reconocimiento y uso de conceptos o situaciones similares: “Menciona algún ejemplo”
	CLASIFICACIÓN	Ordenamiento de elementos en categorías establecidas a partir de un criterio determinado: “Clasifica los siguientes sonidos de acuerdo a”
<i>Principiante</i>	EJEMPLIFICACIÓN	Relación con otros conceptos o situaciones: “Relaciona los elementos de las dos listas...”
	EXPLICACIÓN	Desarrollo de una idea a partir de los conceptos comprendidos: “Expresa con tus propias palabras”
<i>Aprendiz</i>	JUSTIFICACIÓN	Determinación de pruebas o evidencias: “¿En qué basas tú opinión?”
	APLICACIÓN	Uso del concepto estudiado para explicar otra situación: “¿Cómo explicarías que ...”

Ahora bien, con la finalidad de apoyar el desarrollo de estos desempeños por comprensión, es preciso conocer las dificultades y concepciones alternativas de los estudiantes acerca del tópico “Sonido”. Esto permite realizar una toma de decisiones curriculares y de enseñanza que posibiliten superar estas dificultades y concepciones de modo progresivo, de manera que el estudiante cada vez logre una mayor comprensión sobre el tópico en cuestión.

¿Cuáles son las dificultades y concepciones con las que llegan los Para determinar las dificultades de aprendizaje y las concepciones alternativas de los estudiantes, se decidió indagar en la literatura en educación en ciencias acerca de estos aspectos. Dicha indagación permitió advertir que existen pocas investigaciones educativas que tomen como objeto de estudio las ideas y

<i>estudiantes al aprendizaje de este tópico?</i>	<p>concepciones que poseen los estudiantes de primaria sobre los fenómenos sonoros, encontrándose, en mayor medida, estudios centrados en las ideas al respecto de estudiante del nivel de secundaria. Por tal razón, se presentan las concepciones alternativas y las dificultades principales al momento de aprender acerca del sonido, que fueron posibles de hallar en los resultados de los estudios pertinentes para la presente investigación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sonido sólo se propaga por medio del aire (Cárdenas Sánchez, 2014). • Un sonido se produce por sí solo sin necesidad de que ningún cuerpo vibre (Cárdenas Sánchez, 2014). • El sonido se propaga mejor por medios sólidos que por el aire (Perales Palacios, 1997). • Utilización frecuente de los términos ruido y música en la descripción del sonido (Perales Palacios, 1997). • Falta de conciencia sobre la necesidad de que exista un medio para que se propague el sonido (Álvarez Martínez, 2013; Cárdenas Sánchez, 2014).
---	---

Dentro del campo de la educación, se han empleado las principales teorías del aprendizaje con la finalidad de ampliar la comprensión sobre la manera en cómo los estudiantes pueden adquirir, organizar, modificar y aplicar sus habilidades y conocimientos. De ahí que, estas jueguen un papel fundamental en el diseño, informando la toma de decisiones curriculares y de enseñanza, de acuerdo a la naturaleza del tópico específico a ser abordado. Por este motivo, en el diseño del material de enseñanza por comprensión para el tópico generativo “Sonido”, se han tomado elementos esenciales de algunas teorías del aprendizaje centrales, expuestos a continuación.

- **Teoría constructivista cognitiva**

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

Un exponente destacado de esta teoría es Jean Piaget, quien plantea que los sujetos desarrollan poco a poco su inteligencia, a partir de la construcción y adaptación de sus estructuras de pensamiento, mediante dos procesos biológicos denominados *asimilación* y *acomodación*. Al tomar en cuenta lo que implican estos procesos, es posible tener presente que los estudiantes traen al aula sus estructuras de pensamiento en evolución, con las que dan significado a la información obtenida sobre las parcelas de la realidad que se abordan en clase; e igualmente, pueden llegar a ajustar dichas estructuras a la información ya asimilada, si se presenta una incoherencia entre la estructura y la asimilación de la experiencia. En este sentido, se considera necesario fomentar la construcción de relaciones conceptuales en la enseñanza de un tópico específico, de manera que los estudiantes vinculen el nuevo conocimiento a las estructuras conceptuales que ya sostiene.

- **Teoría constructivista socio-cultural**

Esta teoría aporta un elemento fundamental al diseño planteado en este trabajo, y es la importancia que tiene la interacción sociocultural en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Retomando lo postulado por Lev Vygotsky, los intercambios sociales y el contexto cumplen una función clave en el aprendizaje, dado que regulan y determinan en cierto grado el aprendizaje alcanzado por el individuo. Esto se debe a que la realización compartida de actividades le facilita que interiorice las estructuras de pensamiento y

comportamiento de los que le rodean, logrando finalmente apropiárselas. Cabe resaltar el rol esencial que tiene el lenguaje en este proceso, al definir las condiciones en las que los individuos interactúan e interpretan su contexto. Así pues, es posible que el aprendizaje propenda hacia la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), lo cual requiere de la guía de un docente o de un compañero más experimentado.

De acuerdo con lo anterior, se estima que fomentar la interacción social en las actividades que componen el material educativo es relevante para los estudiantes, ya que les facilita el aprendizaje de ciertas competencias que serían más difíciles de aprender individualmente. Además, ellos pueden lograr un mayor progreso en la adquisición del lenguaje al comunicarse con sus iguales, desarrollando una conexión entre pensamiento y lenguaje que les permita elaborar y emitir juicios coherentes respecto a los conocimientos trabajados en clase.

- **Teoría del procesamiento de la información**

La explicación que da esta teoría sobre cómo los estudiantes incorporan nueva información a su sistema de conocimientos de manera significativa, también brinda elementos de importancia para el diseño de las actividades del material de enseñanza sobre el sonido, al permitir conocer la manera en que se puede promover un procesamiento eficiente y eficaz de la información. Se afirma que el proceso de percepción está fuertemente influenciado por las experiencias, conocimientos y esquemas mentales del estudiante, de modo que, en el diseño de las actividades de enseñanza, debe considerarse que la nueva información presentada guarde relación con aquella que el estudiante ya tiene guardada en su memoria a largo plazo. Ello facilitará que esa nueva información sea almacenada en dicha memoria y haga parte de su propio conocimiento, al tomar sentido dentro de lo que ya conoce. Así pues, los nuevos conocimientos se vuelven más comprensibles y pueden ser empleados de forma efectiva.

Estos planteamientos permiten tomar en cuenta dentro del diseño que es necesario posibilitar que la nueva información presentada interactúe con el conocimiento que ya posee el estudiante en su memoria a largo plazo, para lograr el aprendizaje sobre el tópico bajo estudio. En este sentido, el docente debe facilitar al estudiante la recuperación de información que ya ha trabajado previamente y mantiene en su memoria a largo plazo, para la comprensión de nuevas temáticas. Además, es importante que utilice estrategias como el manejo de pequeñas unidades de información, con el fin de no sobrecargar la memoria a corto plazo de sus estudiantes.

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

El conocimiento de la pedagogía general permite al docente seleccionar estrategias de enseñanza para gestionar su práctica educativa en el aula, con la finalidad de apoyar a sus estudiantes en el proceso de aprendizaje de un determinado tópico de las ciencias. De ahí que, sea relevante tenerla en cuenta dentro del diseño de ambientes de aprendizaje de tópicos específicos, ya que puede orientar la selección de estrategias de enseñanza que mejor se ajusten a la naturaleza del tema a enseñar (Abell et al., 2010).

En este sentido, se exponen a continuación los elementos que se tomaron de la pedagogía general para el diseño del material de enseñanza sobre el sonido,

haciendo énfasis en las rutinas, técnicas, estrategias y modelos de enseñanza que puede emplear el docente durante la enseñanza de dicho tópico:

- **Rutinas**

LEVANTAR LA MANO EN CLASE: Funciona como una herramienta administrativa del dialogo entre profesor- estudiantes dentro una discusión en clase, y/o cuando uno o más estudiantes tienen dudas o puntos de vista para compartir con todos en el aula.

ORGANIZAR EL AULA DE CLASE: Es la manera como los estudiantes disponen sus asientos en el salón, de acuerdo a la estructura que el docente ha definido para desarrollar una determinada actividad. Así pues, hay cuatro posibles estructuras de organización del aula: interacción con toda la clase, no interactiva, en pequeños grupos de discusión, y trabajo individual. La elección entre una u otra estructura depende principalmente del objetivo y el tipo de actividad a desarrollar.

TRANSACCIÓN EN LA CLASE: Se favorece la interacción persona a persona, promoviendo que entre los estudiantes y con el docente se comparta, negocie e interaccione con el lenguaje cotidiano y científico llevado al aula. Es importante que el docente monitoree constantemente el nivel de comprensión y confusión que han alcanzado sus estudiantes, e intervenga cuando sea necesario, negociando significados y formas de significar el conocimiento a construir en clase.

DISTRIBUIR LOS MATERIALES CURRICULARES EN LA CLASE: Se encarga a un estudiante por grupo de la tarea de distribuir y manejar los materiales curriculares a emplear en una actividad, buscando crear un sentido de responsabilidad en dicho estudiante, y agilizar la distribución de estos materiales.

- **Técnicas**

EXPLICAR UNA IDEA: Es útil cuando se quiere dar a entender algún elemento conceptual que tiene un alto grado de abstracción, por lo cual difícilmente los estudiantes lo puedan comprender por sí solos. Para un uso provechoso de esta técnica, es importante que las explicaciones sean claras, no darse con mucha frecuencia, y ser poco extensas. Asimismo, deben darse luego de generar una necesidad de conocimiento en los estudiantes, para no quitarles el protagonismo en su proceso de aprendizaje.

FORMULAR PREGUNTAS: Sirve para determinar tanto el nivel de comprensión y confusión de los estudiantes, como para generar un ambiente de discusión e interpretación acerca de un elemento conceptual reflexionado en clase. Para su utilización, deben considerarse tres elementos importantes: 1) el tipo de pregunta (abierta o cerrada), 2) la distribución de las preguntas (dirigirlas a toda la clase y no a unos cuantos estudiantes) y, 3) el tiempo de espera (dar un corto tiempo para responder al estudiante).

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)**

Esta estrategia ayuda a reconocer el nivel de comprensión que tienen los estudiantes sobre un tópico específico, a través de la elaboración de tres tareas básicas que fomentan el desarrollo del pensamiento concreto: Predecir, Observar y Explicar. Naturalmente, dichas tareas constituyen las fases en las que se implementa el POE, aunque, Candela (2016) sugiere integrar al inicio una fase de apertura al proceso de aprendizaje, llamada *Concentración*. Se presentan entonces estas cuatro fases a continuación.

1.- **CONCENTRACIÓN:** Introduce a los estudiantes en el lenguaje social científico a emplear en el proceso de enseñanza y aprendizaje sobre el objeto de estudio. En esta fase se pretende capturar el interés de ellos respecto al fenómeno a estudiar, brindando un contexto general en el que se presencié dicho fenómeno en circunstancias reales.

2.- **PREDICCIÓN:** Brinda la oportunidad a los estudiantes de construir una idea que les permita explicar o deducir el comportamiento, sentido o significado de aquel objeto de estudio, a partir de sus conocimientos previos. En esta fase se busca explicitar las ideas iniciales de los estudiantes sobre aquel tópico a ser aprendido, el cual enfrentarán y reconstruirán durante el proceso de aprendizaje.

3.- **OBSERVACIÓN:** Permite a los estudiantes entrar en contacto directo con el objeto de estudio. En esta fase se tiene la intención de que los estudiantes no solo vean el objeto de estudio, sino que realicen un proceso más complejo de interacción, en el que todos sus sentidos, conocimientos y habilidades cognitivas interactúen con aquel objeto, para extraer la mayor cantidad de información que sea posible. En esta tarea, la orientación del docente es primordial, dado que él puede indicar los puntos focales en los que se debe prestar mayor atención.

4.- **EXPLICACIÓN:** Posibilita a los estudiantes relacionar sus hipótesis con los datos e ideas que han construido en las fases previas. En esta fase es donde se concentra el mayor trabajo mental, pues el estudiante debe contrastar su hipótesis con los datos obtenidos durante el proceso, para validar o falsear la hipótesis, de manera que construya conocimientos que le permitan explicar el fenómeno observado. Para ello, el estudiante debe relacionar la información que obtiene del mundo macroscópico, con los conocimientos que tiene acerca del mundo submicroscópico, estableciendo así una diferenciación e integración de los niveles de representación.

- **Modelo de enseñanza *Ciclo de Aprendizaje***

Este ciclo se puede considerar como un sistema iterativo que cuenta con las siguientes tres etapas (Karplus y Thier , 1967):

1.- **EXPLORACIÓN:** Aquí los estudiantes activan y toman 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 pretende que los estudiantes evolucionen sus concepciones alternativas poco a poco hacia unas concepciones más elaboradas y sistemáticas, mediante la interacción entre pares, el profesor, las fuentes bibliográficas y otros medios de información.

3.- **APLICACIÓN:** Aquí los estudiantes ponen en práctica el conocimiento que ha empezado a evolucionar, en diferentes contextos al trabajado durante el proceso de enseñanza.

El diseño de las actividades de enseñanza del tópico generativo Sonido, se desglosa en tres ideas centrales, con lo cual se pretende que los estudiantes alcancen progresivamente una comprensión conceptual del contenido. Ahora bien, cada idea se desarrolla bajo tres fases que corresponden al Ciclo de aprendizaje: Exploración, Introducción y Aplicación. Al mismo tiempo, en cada una de estas fases se plantean actividades correspondientes a la intención de la respectiva fase, de tal manera que los estudiantes puedan desarrollar los desempeños por comprensión, y, por lo tanto, las metas por comprensión propuestas para el tópico generativo en cuestión. A continuación, se presentan las ideas y sus respectivas actividades de aprendizaje planteadas para abordarlas en el aula.

PRIMERA SECCIÓN: FUENTES DE SONIDO (NATURALES Y ARTIFICIALES)

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

IDEA CENTRAL 1: El sonido proviene de diferentes fuentes que pueden ser naturales y artificiales, provocando diversos efectos sobre los seres vivos.

-FASE DE EXPLORACIÓN

Actividad de evaluación diagnóstica

Actividad 1: ¿Cómo puedo generar sonidos que escucho en mi entorno?

-FASE DE INTRODUCCIÓN

Actividad 1: ¿De dónde provienen los sonidos?

Actividad 2: Identifico las fuentes de emisión de sonidos

Actividad 3: Aprendo ideas básicas sobre el sonido

Actividad 4: ¿Qué efectos puede generar el sonido en los seres vivos?

-FASE DE APLICACIÓN

Actividad 1: ¿Son sonidos naturales o artificiales?

Actividad 2: Construyamos un tambor

Actividad 3: Concluyamos sobre lo aprendido acerca de la idea central 1

SEGUNDA SECCIÓN: CLASIFICACIÓN DEL SONIDO

IDEA CENTRAL 2: El sonido se puede clasificar según su tono, timbre e intensidad

-FASE DE EXPLORACIÓN

Actividad 1: ¿Qué conozco acerca de las cualidades del sonido?

Actividad 2: ¿De qué manera podemos clasificar el sonido?

-FASE DE INTRODUCCIÓN:

Actividad 1: Tipos de sonidos y maneras de generarlos

Actividad 2: La intensidad, el tono y el timbre

-FASE DE APLICACIÓN

Actividad 1: Clasifiquemos los sonidos de mi entorno

Actividad 2: Festival del sonido

Actividad 3: Concluyamos sobre lo aprendido acerca de la idea central 2

TERCERA SECCIÓN: PROPAGACIÓN DEL SONIDO

IDEA CENTRAL 3: El sonido se propaga de un lugar a otro, pero siempre lo hace a través de un medio material

-FASE DE EXPLORACIÓN

Actividad 1: ¿Cómo crees que funciona un dispositivo sencillo de comunicación?

-FASE DE INTRODUCCIÓN:

Actividad 1: ¿Cómo nos podemos comunicar con un teléfono de dos vasos y una cuerda?

Actividad 2: ¿A través de qué medios viaja el sonido?

Actividad 3: ¿A través de qué material viaja más rápido el sonido?

-FASE DE APLICACIÓN:

Actividad 1: Resolvamos el crucigrama sobre la propagación de sonido

Actividad 2: ¿Cómo funciona un fonendoscopio?

Actividad de evaluación final

Es posible visualizar de manera completa en qué consiste cada una de estas actividades, mediante el siguiente enlace <https://cienciasnat.wixsite.com/sonido>, que corresponde a la página web creada para compilar dichas actividades, las cuales componen el material de enseñanza sobre el tópico sonido.

QUINTO PRINCIPIO: EVALUACIÓN FORMATIVA

Este es un principio clave a considerar dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje del tópico generativo “Sonido”, ya que da la posibilidad al docente de monitorear permanentemente el nivel de comprensión, confusión y compromiso de los estudiantes durante dicho proceso. De esta forma, el docente puede identificar los avances y las dificultades de los estudiantes, para tomar las decisiones de enseñanza pertinentes que generen oportunidades de aprendizaje para el manejo de los desempeños por comprensión afines al tópico bajo consideración.

SUBCATEGORIAS DESARROLLO

La evaluación formativa es un elemento de la enseñanza que le permite, tanto al docente como a los estudiantes, monitorear el nivel de comprensión y confusión presentado en cada una de las ideas abordadas a lo largo del material de enseñanza sobre el sonido (Candela, 2016). En este sentido, dicho elemento representa un soporte para lograr llevar a cabo los desempeños por comprensión planteados para el tópico sonido. Para ello, es necesario considerar todos los procesos realizados mediante las actividades propuestas para las tres ideas, las cuales han favorecido una importante retroalimentación. De ahí que, el docente debe efectuar un seguimiento cuidadoso de los logros de sus estudiantes, de manera que le permita dar cuenta del desarrollo de los diferentes desempeños por comprensión propuestos.

¿Cómo sé que los estudiantes han comprendido el tópico generativo?

Desde el punto de vista del docente, se puede resaltar que este tipo de evaluación tiene la intención de orientar a los estudiantes en el alcance progresivo de un pensamiento más sofisticado. Por consiguiente, en el momento en que el docente detecta un incidente crítico, inmediatamente reflexiona y toma nuevas decisiones curriculares y de enseñanza que le ayuden al estudiante a evolucionar en su aprendizaje. Vale aclarar, que a diferencia de la evaluación sumativa que es explícita, la evaluación formativa del docente es implícita y está asociada estrechamente al tópico bajo estudio (Candela, 2016).

Ahora bien, según Perkins (1999, p. 70) “[...] comprender es la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe. Para decirlo de otra manera, la comprensión de un tópico es la capacidad de desempeño flexible.”. En otras palabras, se puede afirmar que los estudiantes han comprendido el tópico cuando son capaces de llevar a cabo los desempeños por comprensión propios de este, realizando descripciones, interpretaciones, ejemplificaciones, explicaciones con sus propias palabras, poniendo en juego sus aprendizajes desde su realidad.

De acuerdo con esto, para determinar si los estudiantes han desarrollado los desempeños por comprensión pertinentes, y en consecuencia han comprendido

el t3pico sonido, durante su participaci3n activa en la realizaci3n de las actividades que componen el material de ense1anza, se propone la implementaci3n de las siguientes estrategias, coherentes con la evaluaci3n formativa:

- Organizaci3n de las clases en estructuras de *peque1os grupos de discusi3n e interactiva* (Tobin, 1997), que favorecen la comunicaci3n y trabajo en equipo entre pares, y la interacci3n con el docente.
- Interacci3n del docente con los estudiantes principalmente bajo el discurso dial3gico, en el que haga un uso importante de la t3cnica de formular preguntas (predise1adas o no) (Candela, 2016).
- Planteamiento de las actividades dentro de un contexto inicialmente *macrosc3pico*, en el que los estudiantes desarrollen habilidades y procesos de razonamiento principalmente de descripci3n, comparaci3n y clasificaci3n, para luego desarrollar actividades vinculadas al contexto *submicrosc3pico*, en las que ellos efect3en explicaciones, justificaciones y aplicaciones acerca de lo aprendido.
- Producci3n escrita elaborada tanto de forma individual como colectiva.
- Realizaci3n de una prueba inicial y una final que d3e la oportunidad de apreciar la evoluci3n de cada estudiante desde su estado inicial de conocimientos sobre el t3pico generativo al estado final, luego de haber participado activamente en las actividades de ense1anza del material educativo.

En efecto, este conjunto de estrategias posibilita la realizaci3n de un seguimiento que permite percibir el desarrollo de los desempe1os por compresi3n planteados para cada una de las ideas centrales en las que se descompuso la ense1anza del t3pico generativo. As3 pues, dichos desempe1os funcionan en este punto como criterios de evaluaci3n, organizados de la siguiente manera:

Ideas centrales del t3pico generativo "Sonido"	Criterios de evaluaci3n	
1. <i>El sonido proviene de diferentes fuentes que pueden ser naturales y artificiales, provocando diversos efectos sobre los seres vivos.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar mis observaciones en forma organizada y rigurosa (sin alteraciones), utilizando dibujos, palabras y n3meros. • Formular preguntas sobre objetos y fen3menos del entorno y explorar posibles respuestas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifico y comparo las fuentes de sonido y su efecto sobre diferentes seres vivos. • Demostrar que el sonido es una vibraci3n, mediante el uso de fuentes para producirlo: cuerdas (guitarra), parches (tambor), identificando en cada una el elemento que vibra.
2. <i>El sonido se puede clasificar seg3n su tono, timbre e intensidad.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar las condiciones que 	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificar sonidos seg3n su tono, timbre e intensidad. • Describir y comparar sonidos seg3n su tono (grave o agudo), su timbre y su intensidad (fuerte o d3bil).
3. <i>El sonido se</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Comparar y describir c3mo se

<p><i>propaga de un lugar a otro, pero siempre lo hace a través de un medio material.</i></p>	<p>influyen en los resultados de una experiencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar la información apropiada para dar respuesta a las preguntas. • Comunicar de manera oral y escrita el proceso de indagación y los resultados obtenidos. 	<p>atenúa (reduce su intensidad) el sonido al pasar por diferentes medios (agua, aire, sólidos) y cómo influye la distancia en este proceso.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Establecer la relación entre el estado de agregación del material y la rapidez con la que se propaga el sonido a través de éste. • Proponer experiencias para comprobar la propagación del sonido.
---	---	--

Finalmente, es importante explicitar de qué manera se va a evaluar el alcance de los desempeños, y por lo tanto de las metas por comprensión, por parte de los estudiantes durante el abordaje de las tres ideas centrales del tópico “Sonido”. Así pues, se hará uso de la formulación de preguntas (prediseñadas o no), vinculadas a lo observado, discutido y socializado en el aula sobre el tópico en cuestión; la construcción de textos escritos de forma individual y colectiva; los espacios de discusión y retroalimentación (en pequeños grupos y/o con todo el colectivo áulico) que demandan de la expresión de ideas en público; las pruebas tipo test; el registro de observaciones mediante dibujos, escritos y números; la descripción de representaciones vistas como imágenes, videos, animaciones, ...; la lectura de textos en voz alta que permita dar cuenta de la comprensión del mismo. Todo esto permitirá generar un proceso de monitoreo por parte del docente y los estudiantes, de tal manera que se conozca y evalúe el nivel de comprensión y confusión sobre las ideas abordadas.

En el marco de la enseñanza para la comprensión, el proceso de la evaluación formativa debe promover la reflexión sobre las metas y los desempeños por comprensión planteados para el tópico específico abordado. Para ello, inicialmente resulta fundamental presentar dichos desempeños como desafíos posibles de afrontar, durante algún momento de la clase. De este modo, se les brinda a los estudiantes la oportunidad de comprometerse con el desarrollo de estos desempeños, favoreciendo así la generación de aprendizajes vinculados al tópico generativo “Sonido”.

¿Cómo los estudiantes reflexionan sobre su aprendizaje del tópico?

En este sentido, la manera como en este diseño se favorece el compromiso reflexivo en los estudiantes, es principalmente a través de la retroalimentación clara, informativa y constante entre los involucrados en el proceso de aprendizaje del tópico en cuestión. Esto da la posibilidad de pensar a cada quien sobre cómo se está desempeñando, y cómo podría desempeñarse mejor. Además, permite advertir al docente las formas en cómo podría mejorar la enseñanza, dado que se genera un continuo análisis del progreso en el aprendizaje de los estudiantes, en relación con el alcance de las metas por comprensión estimadas.

Conviene subrayar que dicha retroalimentación se promueve constantemente en los espacios de discusión, mediante el uso de preguntas y cuestionamientos

por parte del docente y de los mismos estudiantes, que tienen la intención de llevar a la persona a meditar y conjeturar sobre el conocimiento que posee previamente y sobre la información nueva con la que se está relacionando. Para este propósito es necesario brindar una información clara y experiencias reflexivas, que fomenten el desarrollo de modelos mentales y esquemas apropiados, además de procesos de razonamiento pertinentes al tópico abordado. De esta manera, se hace posible que los estudiantes practiquen de modo reflexivo, dinámico e informado las actividades de comprensión propuestas, y que el docente reflexione sobre el tópico que enseña y sobre las razones por las que lo hace.

Fuente: Creación propia

4.2. CONJUNTO DE ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA INFORMADAS A PARTIR DE LAS TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO DEL TÓPICO SONIDO

Para la compilación de las actividades de enseñanza que estructuran el material sobre el tópico sonido, se ha desarrollado una página web, a la que se puede acceder mediante el enlace <https://cienciasnat.wixsite.com/sonido>. Este sitio web representa el material de enseñanza en un formato digital, en el cual se abordan las tres ideas centrales que configuran el tópico bajo estudio, a través de actividades en las que se hace uso de recursos interactivos, audios, animaciones, vídeos, imágenes, experiencias o prácticas experimentales reales, lectura de textos, e historietas. Además, en este sitio se pone a disposición de los usuarios dos materiales complementarios importantes: Material del docente y Material del estudiante, los cuales orientan la implementación de las actividades en el aula para apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje del tópico generativo sonido. Todo esto se hace con la intención de fortalecer en los estudiantes una comprensión conceptual e integrada del tópico en cuestión, el desarrollo de prácticas científicas y competencias lingüísticas comunicativas, y el alcance de las metas definidas por el currículo prescrito.

Cabe precisar que, este material de enseñanza está dirigido a estudiantes colombianos del ciclo de primero a tercero de primaria, y fue diseñado para un uso exclusivo en salones de clase, guiado por un docente de ciencias naturales. En consecuencia, es finalmente el docente quien define la utilización y adaptación adecuada de este material en su contexto de actuación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de finalizar el proceso de diseño del material de enseñanza sobre el tópico generativo sonido, resulta oportuno exponer las conclusiones a las que se ha llegado a partir del desarrollo de esta investigación. Para tal efecto, se tomaron en consideración los propósitos formulados para el presente trabajo de profundización y los resultados obtenidos. A continuación, se manifiestan en este apartado las conclusiones derivadas del proceso de investigación.

Referente al propósito de explicitar los elementos teóricos y metodológicos que configuran el enfoque de diseño desde la perspectiva de las teorías de la enseñanza por comprensión de Perkins, vale la pena señalar que dichas teorías brindan la oportunidad de superar la falta de coherencia curricular identificada en los materiales de enseñanza. Esta afirmación se hace debido a que los principios de diseño de materiales educativos formulados desde aquellas teorías, dan la posibilidad de articular coherentemente los elementos de la enseñanza (como tópicos generativos, metas por comprensión, desempeños por comprensión, estrategias de enseñanza y de evaluación), apoyándose en las teorías de naturaleza general y específica del campo de la educación, que se encuentran alineadas con el tópico generativo sonido. De ahí que, se sostenga que la falta de coherencia curricular en los materiales de enseñanza puede ser superada en la medida en que dichos materiales sean diseñados bajo las teorías del diseño instruccional, como la enseñanza por comprensión de Perkins, la cual informa la toma de decisiones curriculares y de enseñanza que los sustentan.

Ahora bien, en cuanto a la tarea de formular un conjunto de teorías de dominio específico que orienten el diseño del material de enseñanza del tópico sonido, se puede afirmar que el desarrollo de los principios de diseño de materiales de enseñanza provenientes de las teorías de la enseñanza por comprensión de Perkins, permite la construcción informada de conocimientos de carácter específico para la enseñanza y el aprendizaje de un tópico generativo como el sonido. Esto se debe a que, para el desarrollo de dichos principios, es necesario acudir a los resultados de la investigación del campo de la educación, y a los documentos que sostienen el currículo prescrito, con el fin de construir un conjunto de teorías de dominio específico sobre el sonido. Desde luego, estas informan el diseño del conjunto de actividades de enseñanza las cuales representan las tres ideas en las que se ha secuenciado la enseñanza de dicho tópico generativo.

Cabe mencionar que, estas teorías fueron representadas y documentadas a través de una propuesta de formato formulada en esta investigación, puesto que no había un formato preestablecido en la literatura para esta finalidad. Dicho instrumento fue construido a partir de los elementos del diseño propios de los enfoques relacionados con la línea de investigación de los estudios de diseño, constando de cinco secciones correspondientes a los principios de diseño de materiales de enseñanza, a saber: (1) Contexto institucional, (2) Tópico generativo sonido, (3) Metas por comprensión, (4) Desempeños por comprensión, y (5) Evaluación continua y formativa.

En cuanto al diseño de un conjunto de actividades de enseñanza informadas a partir de las teorías de dominio específico acerca del tópico sonido, resulta necesario resaltar el papel fundamental que estas teorías desempeñan en dicho diseño. De hecho, estas teorías, informan e ilustran la materialización coherente del conjunto de actividades que componen el material de enseñanza sobre el tópico sonido, de manera que se pueda asistir a los estudiantes en la comprensión conceptual e integrada. En este sentido, es clara la labor esencial de las teorías de dominio específico sobre el sonido en la construcción de las actividades que configuran el material de enseñanza acerca de dicho tópico, aunque es importante considerar que estas no sólo apoyan la materialización del material educativo, sino que también brindan orientaciones para su implementación. De ahí que, en la generación de las teorías de dominio específico se tomen en cuenta las intenciones de diseño de cada actividad, las estrategias de enseñanza más apropiadas de realizar en cada caso, la representación de contenidos a través de recursos digitales, y la gestión de clase. Así pues, se da la posibilidad al docente que vaya a hacer uso del material de enseñanza diseñado, de tomar decisiones informadas al momento de utilizar dicho material para la enseñanza del tópico sonido.

A nivel personal, desarrollar este trabajo de grado de maestría ha sido de mucha importancia y enriquecedor, ya que brindó la posibilidad de identificar el conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido de las Ciencias Naturales. De otra manera, se puede decir que permitió los tres saberes: saber, saber ser y saber hacer.

Finalmente, cabe destacar que el presente estudio solo responde a la primera etapa del ciclo del diseño, pues el solo diseño y desarrollo del material de enseñanza ya está en coherencia con las metas propuestas para una maestría de nivel de profundización. Sin embargo, se pretende

Diseño de un material de enseñanza con coherencia curricular para el tópico generativo sonido

que en el futuro su implementación y evaluación pueda ser llevada a cabo en un estudio pos gradual de mayor nivel ya sea por los autores o por otra persona quien desee terminar el ciclo de diseño que corresponde a diseñar, implementar y evaluar.

REFERENCIAS

- Abell, S., Appleton, K., & Hanuscin, D. (2010). *Designing and teaching the elementary science methods course*. New York and London: Routledge Taylor & Francis Group.
- Abraham, M. R. & J. W. Renner. (1986). The sequence of learning cycle activities in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(2), 121–143.
- Agudelo, E. (2015). *Diseño de una secuencia de enseñanza-aprendizaje basada en investigación sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia* (Trabajo de grado de maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Álvarez Martínez, A. (2013). *Desarrollo de actividades sobre el sonido e influencia en las ideas previas* (Trabajo de grado de maestría). Universidad de Valladolid, Providencia de Valladolid, España.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Barlex, D. (2001). *Possibilities for Research in Technology Education*. Trabajo presentado en la II Conferencia de Investigación de Educación Tecnológica de la American Association for the Advancement of Science [AAAS], Washington, DC, U.S.
- Brown, A. L. (1990). Domain- specific principles affect learning and transfer in children. *Cognitive science*, 14(1), 107-133.
- 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. (2014). El aprendizaje de las ciencias: una transacción de significados y formas de significar En Candela, B. & Viafara, R. *Aprendiendo a enseñar química* (pp. 45-55). Cali: Universidad del Valle.
- Candela, B. (2016). *La ciencia del diseño educativo*. Cali: Universidad del Valle.
- Cárdenas Sánchez, L. (2014). *La luz y el sonido, siempre con nosotros* (Trabajo de grado). Universidad de Granada, Providencia de Granada, España.

- Cataño, R. (2016). *Diseño de una progresión de aprendizaje hipotética para la enseñanza de la estequiometría por comprensión conceptual e integrada* (Trabajo de grado de maestría). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Cobb, P. (2000). Conducting teaching experiments in collaboration with teachers. En Kelly, A. E. & Lesh, R. A. (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 307–333). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- 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.
- 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.
- 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.
- Furth, H. G. (1969). *Piaget and knowledge*. New Jersey: Prentice Hall.
- 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.
- Garay, A. & Reina, J. (2016). *Teorías del diseño instruccional y los objetos de aprendizaje: el caso del equilibrio químico dinámico* (Trabajo de grado). Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- García, B., Loredó, J. & Carranza, G. (2008). Análisis de la práctica educativa de los docentes: pensamiento, interacción y reflexión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10 (especial), Recuperado de <http://redie.uabc.mx/NumEsp1/contenido-garcialoredocarranza.html>

- Glaserfeld, E. V. (1987). *The construction of knowledge: Contributions to conceptual semantics*. Seaside, C.A.: Intersystems Publications.
- Hodgson, D. & Hodgson, J. (1998a). From constructivism to social constructivism: A Vygotskian perspective on teaching and learning science. *School Science Review*, 79(289), 33-41.
- Hodgson, D. & Hodgson, J. (1998b). Science education as enculturation: Some implications for practice. *School Science Review*, 80(290), 17-23.
- 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 elementary school science. *Science curriculum improvement study*. Chicago, I.L.: Rand McNally.
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de Análisis de Contenido*. Barcelona: Paidós.
- Ministerio de Educación Nacional [MEN] (1998). *Lineamientos curriculares para el área de ciencias naturales y educación ambiental*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- 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. y Lederman, N. (Eds.). *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 21-50). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- National Research Council [NRC] (1996). *National science education standards*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council [NRC] (2012). *A Framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington D.C.: National Academy 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.
- Perales Palacios, F. (1997). Escuchando el sonido: concepciones sobre acústica en alumnos de distintos niveles educativos. *Revista enseñanza de las ciencias*, 15(2), 233-247.
- 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. (2003). *La escuela inteligente: Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. 3ra ed (español). Barcelona: Gedisa.
- Piaget, J. (1974). *The child and reality: Problems of genetic psychology*. London: Frederick Miller.
- 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.
- Roseman, J. E., Linn, M. C. & Koppal, M. (2008). Characterizing curriculum coherence. En Kali, Y., Linn, M. C. & Roseman, J. E. (Eds.), *Designing coherent science education: Implications for curriculum, instruction, and policy* (pp. 13-36). New York: Teachers College Press.
- Roth, K.J. (1989). Science education: It's not enough to "do" or "relate." *American Educator*, 13(4), 46-48.
- 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.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1-23.
- Shwartz, Y., Weizman, A., Fortus, D., Krajcik, J., & Reiser, B. (2008). Middle School Science Curriculum: Coherence as Design Principle. *The Elementary School Journal*, 109(2), 199-219.
- Stone, W. Martha. La Enseñanza para la Comprensión. Vinculación entre la enseñanza y la práctica (Compiladora). (1999). Paidós, Buenos Aires
- 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.
- Treviño, M. (2011). *Objetos de aprendizaje. Guía metodológica para el diseño y evaluación de objetos de aprendizaje basados en los principios de individualización y personalización*. Zamora: Comunicación social ediciones y publicaciones.
- Vygotsky, L. (1978). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: La Pleyade.
- Wiggins, G. & Mc Tighe, J. (2005). *Understanding by Design*. 2a ed. U.S.: Prentice Hall.
- 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>