



Universidad del Valle

Instituto de Educación y Pedagogía

Trabajo de investigación

DISEÑO DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE BASADA EN
INVESTIGACION SOBRE EL NUCLEO DE LA DISCONTINUIDAD DE LA
MATERIA”

Director

Mg. Miyerdady Marín Quintero

Cali (Valle del Cauca), 2015

Universidad del Valle
Instituto de Educación y Pedagogía

Trabajo de investigación

DISEÑO DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE BASADA EN
INVESTIGACION SOBRE EL NUCLEO DE LA DISCONTINUIDAD DE LA
MATERIA”

Este estudio se ha realizado en el marco del Programa de Maestría en Educación énfasis
Enseñanza de las Ciencias Naturales del Instituto de Educación y Pedagogía de la
Universidad del Valle, por Eliana Patricia Agudelo Osorio, bajo la dirección de la Mg.
Miyerdady Marín Quintero.

Cali (Valle del Cauca), 2015

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad del Valle para otorgar el título de “Maestría en Educación con Énfasis en Enseñanza de las Ciencias”

RENATO RAMÍREZ

Director del Instituto de Educación y Pedagogía

Miyerdady Marín Quintero

Director del Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, Marzo de 2015

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la naturaleza divina por brindarme la oportunidad de superar la distancia entre la teoría del diseño y la práctica educativa en las aulas de química.

Quiero iniciar este apartado como es de costumbre dando infinitos agradecimientos a todo el amplio círculo de seres maravillosos que me han acompañado en este arduo y complejo proceso investigativo que estuvo siempre colmado de incertidumbre, aciertos y desaciertos, *fortalezas y dificultades*. *Aun así, con la tenacidad y tolerancia* que caracterizan mi naturaleza guerrera. Éstos me permitieron avanzar milimétricamente, luchando continuamente durante esta larga trayectoria espacio-temporal compartida entre la universidad, mi casa y mi ordenador personal. Sin ninguna duda, este proceso se caracterizó por la lucha continua consigo misma para no desfallecer día a día, tras el intento de superarme y alcanzar el anhelado desarrollo profesional, el cual, asumí bajo el rol de diseñadora y, en el que vinculé los conocimientos provenientes de la educación en ciencias junto con disciplinas de referencia, tales como, la pedagogía general y específica, química y psicología cognitiva.

Así pues, mis primeros reconocimientos se los ofrezco a mis padres celestiales: ***Dios y la Virgen Santísima***, seres de naturaleza intangible pero con la capacidad plena de regocijar mi espíritu y de brindarme las fuerzas para alcanzar tan anhelado logro;

A mi tutora ***Miyerdady Marín***, a quien le reconozco infinitamente su conocimiento práctico profesional, el cual, pusiste a disposición a lo largo del proceso investigativo. Recuerdo con inmensa gratitud, el esclarecimiento conceptual que me permitía aproximarme progresivamente al quehacer investigativo e ir avanzando como diseñadora y maestra en ejercicio. Como olvidar, cuando me resaltabas constantemente durante las asesorías en el cómo desarrollar una investigación educativa con la coherencia que demanda la naturaleza de este tipo de trabajos. Adicionalmente, pude evidenciar que tras un estudio se desarrolla también, la subjetividad.

A mis profesores de maestría **Robinson Viáfara, Alfonso Claret Zambrano, Rita Linares, Carlos Uribe Garnet, Felipe García**, que con su inmensa sabiduría, aportaron muchos de los conocimientos teóricos de la investigación educativa, la pedagogía y la enseñanza-aprendizaje de la tecnología, física, química y la biología molecular; los cuáles vinculé sinérgicamente en el diseño de la SEA sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

A mi compañero de estudios, par académico y verdadero amigo, **Boris Fernando Candela**, quién me demostró lo que significa el verdadero valor de la amistad. Me enseñaste que el conocimiento que poseemos debe servir para transformar la educación y en consecuencia, la vida de nuestros estudiantes. Gracias infinitas, por compartir conmigo la lectura y discusión reflexiva a los principales documentos que iluminaron mi toma de decisiones curriculares e instruccionales de la química. De hecho, a lo largo del estudio pude darme cuenta que un diseñador de SEA's pone en ejercicio el conocimiento pedagógico del contenido específico. Sin ninguna duda, como diseñadora novel refiné mi conocimiento pedagógico del núcleo de la discontinuidad de la materia. Finalmente, a ti te agradezco los aportes valiosos que realizaste, los cuales aproveché para otorgarle validez teórica y metodológica a este estudio de diseño. ¡Tú eres y seguirás siendo mi modelo de maestro ejemplar y eficiente!

A mis **Familiares y, compañeros de trabajo** por creer en mis capacidades y reconocer que era capaz de vencer día a día los obstáculos que se me presentaban. A mi **Esposo Martín**, a quien le debo la paciencia, el apoyo inquebrantable y el amor llano que nos permitió suplir el mutismo de mi expresión, mientras reflexionaba y tomaba decisiones curriculares y de enseñanza. Gracias, amor mío por la calidez de tus palabras durante los amaneceres y atardeceres de noches de sigilosa ausencia con la que permanecemos a causa de la tarea investigativa.

A mis compañeros de estudio de maestría, **Tatiana, Boris, Mili Fernanda, Ronald, Karin, Alex, Lilia, Francisco**, les agradezco por compartir sus perspectivas teórico-prácticas acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

A Tatiana, desde la distancia, por entregar con total humildad el documento que abrió las puertas al corpus teórico que fundamenta los estudios de diseño actualmente y, el cual enriqueció el diseño de la SEA que estoy presentando en este estudio. ¡Que Dios te bendiga e ilumine el camino que has emprendido!

En este amplio abanico de agradecimientos solo me falta gratificar a mi mascota, ***Ícaro Mateus Agudelo***, por la inmensa felicidad que me otorgó con su compañía en las frías madrugadas durante los últimos cuatro años de tesis. Tú me diste la fuerza emotiva que superaba la tensión y el cansancio que demandó la producción escrita de este estudio.

TABLA DE CONTENIDO	
RESUMEN	12
INTRODUCCION	13
CAPITULO I. PRESENTACION DEL PROBLEMA	15
1.1 JUSTIFICACIÓN	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
CAPÍTULO II. ANTECEDENTES	28
CAPÍTULO III. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA	35
3.1 Los estudios de diseño de la enseñanza: un campo emergente de la educación	36
3.1.1 Conceptualizando el ámbito de la investigación de diseño	38
3.2 Las secuencias de enseñanza aprendizaje (SEA) en la enseñanza de las ciencias: “una herramienta con propósito y significado educativo”	42
3.3 Un modelo de diseño de la enseñanza desde los aportes del grupo Leeds	45
3.3.1 Marcos teóricos que fundan el diseño desde la perspectiva del Grupo Leeds: una perspectiva teórica sobre el aprendizaje	47
3.3.1.2 Las grandes teorías y los marcos intermedios que fundamentan la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias	48
3.3.1.3 Las herramientas de diseño de la enseñanza	52
3.3.2 El Design Brief	57
3.3.3 El Worked Example	63
3.4 Principales concepciones alternativas de los estudiantes a cerca del núcleo conceptual de la materia.	65
3.5 La necesidad de crear un modelo teórico para explicar las propiedades y transformaciones de la materia.	67
3.5.1. La consolidación de una teoría cinético molecular actual de la materia: dos escuelas filosóficas y dos maneras de representar el mundo	67
3.5.1.1 En búsqueda de las observaciones experimentales que aportarían al desarrollo de la teoría cinética de los gases	69

3.5.2 ¿Átomo físico o químico?: El hallazgo de la teoría atómica de Dalton	71
3.5.2.1 La teoría cinética como un modelo explicativo para comprender el comportamiento de los sistemas gaseosos	73
3.5.3 Un modelo sencillo de partículas para interpretar el mundo macroscópico en la escuela secundaria	75
CAPITULO IV. ASPECTOS METODÓLOGICOS	78
4.1. SUPUESTOS TEORICOS DE LA INVESTIGACIÓN	78
4.2 PROPÓSITO GENERAL	78
4.3 METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO INVESTIGATIVO	79
4.3.1 Metodología	79
4.3.2 El proceso investigativo	79
4.3.2.1 El Design Brief	80
4.3.2.2 El Worked Example	82
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	83
4.5 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	86
4.5.1. Documentos	86
4.5.2 La Entrevista a docentes	89
4.5.3 La encuesta a estudiantes	90
CAPITULO V. RESULTADOS	118
5.1 El Design Brief	120
Sección N°1. Descripción del contexto	120
Sección N°2. Análisis conceptual del núcleo de la discontinuidad de la materia	135
Sección N°3. Formulación de los objetivos de enseñanza del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia	146
Sección N°4. Secuenciación del contenido del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia y secuenciación de estrategias pedagógicas	195
5.2 El Worked Example	CD

CONCLUSIONES, APORTES Y RECOMENDACIONES FINALES	217
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	230
ANEXOS	255
Anexo 1.El Worked Example	
Anexo 2. Tabla No. 1. Adaptación del Modelo de enfoque comunicativo para la planificación del discurso y la interacción social en el aula.	365
Anexo 3. Tabla de descripción general de la gestión del aula de ciencias basada en Abell et al., (2010)	367
Anexo 4. Protocolo de entrevista a Docentes	368
Anexo 5. Cuestionario de indagación de concepciones alternativas acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia	370

LISTA DE FIGURAS	
Figura 1. Modelo de diseño de la enseñanza del Grupo Leeds	77
Figura 2. Modelo que esquematiza los elementos constitutivos del Design Brief	78

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Rejilla de análisis de contenido que relaciona las categorías y subcategorías de acuerdo a las secciones del Design Brief	82
Tabla 2. Sección no.1: descripción del contexto	85
Tabla 3. Sección no.2: análisis conceptual del núcleo de la discontinuidad de la materia	101
Tabla 4. Sección no.3: formulación de los objetivos de enseñanza del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.	112
Tabla 5. Sección nº4. Secuenciación del contenido del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia y secuenciación de estrategias pedagógicas	160

LISTA DE ANEXOS	
Anexo 1. El Worked Example sobre la naturaleza corpuscular de la materia para estudiantes de grado noveno para la Institución Educativa singular.	195
Anexo 2. Adaptación del Modelo de enfoque comunicativo para la planificación del discurso y la interacción social en el aula.	303
Anexo 3. Descripción general de la gestión del aula de ciencias basada en Abell et al., (2010)	305
Anexo 4. Protocolo de entrevista a Docentes	368
Anexo 5. Cuestionario de indagación de concepciones alternativas acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia	370

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) de perspectiva constructivista sociocultural sobre el aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia para estudiantes en un rango de edad entre 14-18 años de una Institución Educativa del sector público de Santiago de Cali. En este estudio, se plantea la modalidad de corte cualitativo interactivo (Mc Millan & Schumacher, 2005), exploratorio y descriptivo con una metodología de estudio de casos bajo un enfoque de investigación de diseño. Para ello, se utilizó un modelo de diseño de la enseñanza en el que se recoge un punto de vista particular sobre el proceso de diseño (Amettler et al., 2007). Éste, informó y justificó teóricamente la toma de decisiones curriculares e instruccionales sobre cómo enseñar el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, teniendo en cuenta el aporte creativo del diseñador, el conocimiento profesional de los profesores y, los aspectos culturales específicos del contexto educativo en estudio.

Dicho instrumento, vinculó en dos momentos claves las grandes teorías, los marcos intermedios y las herramientas de diseño (ej., la demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002; Leach, 2009) y, el enfoque comunicativo (Amettler, Leach y Scott, 2007; Mortimer & Scott, 2003)), los cuales, brindaron una manera explícita de utilizar elementos de la perspectiva general sobre la enseñanza y el aprendizaje para articularlos a la propuesta de enseñanza denominada como: *“el Design Brief sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia”*. A partir de este documento, se generó una *“SEA o Worked Example para la enseñanza de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia”*, el cual, se ajustó a las necesidades del contexto singular. En efecto, estos dos documentos curriculares podrán ser utilizados por los profesores de química para que puedan orientar la enseñanza y el aprendizaje, y de este modo, maximizar la comprensión conceptual de las cinco grandes ideas en que se estructura el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia junto con el desarrollo de los esquemas conceptuales y, la diferenciación e integración del lenguaje multinivel de la química.

Palabras Claves: Diseño curricular en química, Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA), Design Brief, Worked Example, Núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

INTRODUCCION

Esta investigación describe un estudio de caso seleccionado para diseñar una secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) de perspectiva constructivista sociocultural con el propósito de maximizar el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia en los estudiantes de básica secundaria de una Institución Educativa del sector público de Santiago de Cali. La tesis se fundamentó en los marcos teóricos y metodológicos que subyacen a la línea de los estudios de diseño conservándose algunas de sus principales características. De hecho, el proceso de diseño de una SEA desde esta perspectiva es asumida como un ciclo iterativo de tres fases a saber: diseño, implementación y evaluación. Pese a que estos estudios son de tipo longitudinal y por tanto, requieren de la conformación de un equipo interdisciplinar compuesto por diseñadores y profesores, éstos logran ser desarrollados con el apoyo de las políticas educativas en vínculo con las universidades, o, a través de estudios postgraduales de tipo doctoral. Así pues, por ser éste un estudio de maestría el compromiso se hizo frente al desarrollo de la fase de diseño de la SEA o Worked Example del contenido en consideración.

Para el diseño de la SEA se ha seleccionado el modelo de diseño de la enseñanza del Grupo Leeds (Modelo de Amettler et al., 2007), el cual, tiene en cuenta el uso de la perspectiva teórica sobre el aprendizaje (grandes teorías y los marcos intermedios), las herramientas de diseño y los estudios empíricos acerca de las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Este modelo es fructífero para informar la toma de decisiones curriculares y de enseñanza acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia quienes se plasman a través del diseño del primer producto u artefacto curricular rotulado como “Design Brief”.

Ahora bien, este modelo de diseño de tradición inglesa permitió que el Design Brief se presentara en términos de la lógica del diseño logrando iluminarla construcción de un segundo producto que incorpora dicha lógica en un material curricular denominado el “Worked Example” quien será utilizado por los profesores de química en la Institución Educativa oficial en estudio. En otras palabras, este artefacto curricular es considerado un ejemplo práctico que contiene un conjunto de actividades de aprendizaje organizadas en

dos lecciones encaminadas explícitamente para que a futuro, los profesores lleven a cabo los ciclos de implementación y evaluación orquestando satisfactoriamente la enseñanza y el aprendizaje en las aulas de química. De esta forma, sería mucho más factible que el lenguaje social cotidiano de los estudiantes de básica secundaria acerca de la naturaleza corpuscular de la materia logre avanzar gradualmente hacia el lenguaje social científico del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

En el desarrollo del marco metodológico se utilizó la técnica del análisis de contenido a través de la cual se recogieron e interpretaron los datos brindando una estructura lógica y sistemática al análisis del amplio compendio de información acerca de los marcos teóricos y metodológicos que eran claves para fundamentar el diseño de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje de un tópico específico. Para llevar a cabo esta tarea central del análisis de contenido diseñamos una rejilla cuya estructura lógica estuvo constituida por una serie de categorías y subcategorías las cuales dieron origen al Design Brief del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia y al Worked Example de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia.

En definitiva, el Design Brief y el Worked Example se basaron en una amplia gama de puntos de vista sobre la enseñanza y el aprendizaje de un tópico concreto incluyendo el uso de las herramientas de diseño, los resultados de evaluaciones de diseños de la enseñanza de diversas tradiciones, las exigencias de los currículos oficiales e institucionales, el conocimiento profesional de los profesores y la creatividad del diseñador. Adicionalmente, este estudio brinda la posibilidad de ser útil para que otros investigadores o profesores consideren el diseño de SEA del núcleo de la discontinuidad de la materia como un instrumento valioso para orientar sus propias intervenciones de enseñanza-aprendizaje, realicen las adaptaciones en otros contextos singulares; o, simplemente juzguen la calidad del diseño. Con ello, se estaría contribuyendo a disminuir la ruptura entre la teoría y la práctica del diseño en las aulas de química, tanto a nivel nacional como internacional.

Finalmente, el informe de este estudio está estructurado en seis capítulos que se describen brevemente a continuación:

En el capítulo 1, se desarrollan los elementos investigativos que conciernen a la presentación del problema de investigación (justificación, sustentación y formulación).

En el capítulo 2, se presentan a manera de antecedentes la revisión de la literatura a cerca del enfoque de investigación conocido como los estudios de diseño que responde a las necesidades de diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje de tópicos científicos específicos. Desde luego, en este estudio se describen específicamente los aportes teóricos y metodológicos que las distintas tradiciones de investigación han hecho al desarrollo y consolidación del diseño de materiales curriculares a partir de diversos modelos de diseño usados para desarrollar y evaluar dichos artefactos en la educación en ciencias.

En el capítulo 3, se presenta a manera de introducción algunos antecedentes históricos en el desarrollo de la línea de los estudios de diseño de secuencias de enseñanza aprendizaje de tópicos específicos ante la necesidad de atender las múltiples dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En la sección **(3.1)** se desarrolla con mayor profundidad los elementos históricos que dieron origen y desarrollo al enfoque de investigación de los estudios de diseño en el campo de la educación en ciencias destacando los aportes de disciplinas como la psicología cognitiva, la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas y las ciencias, las teorías del aprendizaje y los estudios sobre concepciones alternativas de los estudiantes. Asimismo, se enfatiza la necesidad de nuevos y más diseños de SEA's de tópicos específicos ante la escasez de los mismos en el panorama nacional e internacional.

En la sección **(3.2)** se destaca el auge creciente que ha tenido el diseño de SEA's como herramientas básicas de planificación del acto educativo de los profesores de ciencias en la educación primaria y secundaria y, como una contribución para la formación del profesorado en las universidades. Adicionalmente, se plantean las múltiples y diversas conceptualizaciones dadas por las distintas tradiciones investigativas en el campo de la educación en ciencias. La sección **(3.3)** desarrolla los marcos teóricos que fundamental el diseño desde la perspectiva del grupo Leeds destacando los aportes de disciplinas como la psicología cognitiva, la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y las ciencias, las teorías del aprendizaje y los estudios sobre concepciones alternativas de los estudiantes. En el apartado **(3.3.1)** se presenta el modelo de diseño de la enseñanza asumido en este estudio, el cual, es informado por la perspectiva teórica sobre el aprendizaje, coordinado y contextualizado a partir de las herramientas de diseño de demanda de aprendizaje y enfoque comunicativo. Aquí, se describen los aspectos más relevantes de cada uno de los elementos que lo estructuran para hacer frente al diseño de SEA's en un nivel de detalle

cada vez más fino del tópico. Además, se describen las razones que justifican la elección de dicho modelo para el diseño del proceso de e-a en el contexto específico. Después, tanto las grandes teorías, los marcos intermedios y las herramientas de diseño son especificados teniendo en cuenta la lógica que los subyace. Al final, se presentan y desarrollan los productos o instrumentos curriculares: **(3.3.2)** el Design Brief y **(3.3.3)** el Worked Example a partir de los cuales se orienta y se materializa la toma de decisiones frente al diseño para lograr maximizar el aprendizaje de un tópico específico del currículo de las ciencias. En el apartado **(3.4)** se detallan los estudios empíricos sobre las principales concepciones alternativas que sostienen los estudiantes para determinar cuáles son las principales dificultades y limitaciones que se oponen al aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, las cuales, serán analizadas para establecer las necesidades de conocimiento de los estudiantes frente al tópico. Finalmente, en el apartado **(3.5)** se plantea la necesidad de crear un modelo teórico para explicar las propiedades y transformaciones de la materia a nivel de la escuela, a partir, de la documentación histórica que da cuenta del desarrollo y consolidación de la teoría atómica de Dalton y la teoría cinético molecular derivada de los múltiples trabajos teóricos y estudios empíricos de los connotados científicos a lo largo de la historia.

En el capítulo 4, se propone presentar la propuesta metodológica de la investigación la cual permite definir las estrategias que se plantearon para resolver el actual problema de investigación y lograr los propósitos trazados. Así, En el apartado **(4.1)** se definen os supuestos teóricos que sirvieron como fundamento para resolver el problema de investigación y, en el **(4.2)** se especifica el propósito general de la investigación. Asimismo, en el apartado **(4.3)** se consideran los aspectos metodológicos generales en cuanto al tipo de metodología asumida. En consecuencia, en el apartado **(4.3.1)** encontraremos una conceptualización y justificación de la selección del caso desde los autores. Mientras, que en el **(4.3.2)** se describe el proceso investigativo, a través del cual, se definen las estrategias planteadas para resolver el actual problema de investigación y, definir los elementos teóricos y metodológicos orientadores que permitieron desarrollar la propuesta de diseño dela SEA para el tópico de la discontinuidad de la materia de acuerdo al modelo de diseño seleccionado. Finalmente, en los apartados **(4.3.2.1)** y **(4.3.2.2)** se describen los dos productos del estudio. Por un lado, El *Design Brief* el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, y por el otro, el *Worked Example para la gran idea de la naturaleza corpuscular de la materia*. Finalmente, en el apartado **(4.3.3)** se especifica

la selección de los instrumentos utilizados en el desarrollo de este estudio, la forma como se recogió la información, el modo en que éstos se transformaron en datos y, el procedimiento por el cual se sistematizaron, analizaron e interpretaron los mismos.

Seguido de esto, los resultados de este estudio se desarrollaron en el **capítulo 5**; así pues, obtuvimos los siguientes dos productos: **(1)** el documento en el que se plasmó la lógica del diseño “*el Design Brief del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia*”, el cual, se desarrolló a través de (4) secciones las cuales incorporaron la toma de decisiones curriculares e instruccionales del diseñador y/o profesor para un contexto singular y, **(2)** el formato enseñable o “*Worked Example acerca de la gran idea de la naturaleza corpuscular de la materia*” en donde se cristalizó la racionalidad del diseño y se construyeron las diversas actividades de enseñanza-aprendizaje para dicha idea. Vale la pena destacar, que el documento del Design Brief hará parte del cuerpo del informe, en tanto, que el “Worked Example” estará ubicado en los anexos, dado que éste ocupa un espacio considerable.

Finalmente, en el **capítulo 6**, presentamos las conclusiones, aportes y recomendaciones finales a las que hemos llegado a través de este estudio.

CAPITULO I. PRESENTACION DEL PROBLEMA

1.1 JUSTIFICACIÓN

“La necesidad de acortar la brecha entre los marcos teóricos-metodológicos y el diseño de SEA´s de un tópico científico”

Desde hace décadas los investigadores del campo de la Educación en Ciencias han venido publicando en sus órganos de divulgación¹, una serie de estudios cuyo propósito primario ha sido el querer maximizar la comprensión conceptual de los estudiantes sobre los tópicos del currículo de las ciencias naturales y, de esta forma alcanzar una enculturación científica. Es así, como esta comunidad de práctica ha generado un amplio marco teórico el cual ha sido el fundamento de las diversas reformas curriculares en la educación en ciencias, que inicialmente se llevaron a cabo en los EEUU, Australia, Canadá, Inglaterra, y posteriormente, éstas fueron implementadas en muchos países en Iberoamérica, entre ellos, Colombia.

Ahora bien, la comunidad de educación en ciencias ha considerado que uno de los elementos fundamentales para la mejora del proceso de enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales es ejercer un proceso de planeación o diseño de la enseñanza de contenidos específicos orientado por el marco teórico y metodológico que subyace a la investigación educativa actualizada que informa e ilumina las decisiones curriculares y de enseñanza como a la práctica educativa (ej. Yinger, 1977; Clark y Yinger, 1979; Kattmann et al., 1995, 2005; Leach & Scott, 2002; Kelly, 2003; Sandoval & Bell, 2004; Design-Based Research Collective, 2003; Confrey, 2006; Van den Akker, Gravemeijer, McKenney, & Nieveen, 2006; Duit, 2007; entre otros). De hecho, el diseño de ambientes de aprendizaje es considerado una de las tareas centrales del profesor de ciencias, la cual, hace parte de sus bases del conocimiento para la enseñanza. De ahí, que se lo ha comenzado a considerar un diseñador de ambientes de aprendizaje.

¹Desde 1917 en algunos de los órganos de divulgación del campo de la Educación en Ciencias como Handbook of Research on Science Teaching and Learning (Gabel, 1994), International Handbook of Science Education (Fraser y Tobin, 1998), Handbook of Research on Science Education, 2007; Second International Handbook of Science Education, 2012, International Journal of Science Education, 2003; Science and Education, Educational Researcher, entre otros.

No obstante, las investigaciones han evidenciado que tanto diseñadores de materiales curriculares como los profesores de básica primaria y secundaria utilizan muy poco los marcos teóricos y metodológicos provenientes de la literatura basada en la investigación para informar este proceso de diseño (Leach, Ametller & Scott, 2000; Leach & Scott, 2002; Duit, 2007; Leach, Ametller, Hind, Lewis & Scott, 2006). Desde luego, ellos fundamentan su toma de decisiones curriculares e instruccionales a partir de sus marcos intuitivos o en el mejor de los casos desde los marcos que subyacen a los textos escolares (Leach, Ametller & Scott, 2009; Ruthven et al., 2009; Alzaghibi, 2010). De ahí, que la anterior situación ha contribuido a aumentar la ruptura existente entre la teoría generada por los especialistas y el proceso de diseño de entornos de enseñanza-aprendizaje (Glaser, Lieberman, & Anderson, 1997; Duit & Treagust, 1998; Duit & Treagust, in press; Viennot and Rainson, 1999; Ametller, Leach & Scott, 2009; Cobb, et al., 2003; Furió-Más C., Solbes M., y Furió-Gómez, 2008; Furió et al., 2009; De Corte, 2009). Desde luego, que para ayudar a superar dicha ruptura este estudio se focaliza en la fase de diseño de una SEA de un tópico específico de la química.

De hecho, la comunidad de investigadores de diseño han realizado múltiples estudios (Tiberghien, 2000; Design-Based Research Collective, 2003; Leach et al., 2003; Méheut and Psillos, 2004; Sandoval and Bell, 2004; Kelly et al., 2008; Leach & Scott, 2008; Ruthven, Laborde, Leach & Tiberghien, 2009; Tiberghien, 2009; Leach et al., 2009; Alzaghibi, 2010; Furió-Más et al., 2012) en donde se abordan los diferentes elementos que permiten estructurar el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA's) de tópicos específicos. En este sentido, el grupo Leeds formuló el modelo de diseño de la enseñanza (Ametller et al., 2007) como un instrumento metodológico que permite configurar el Design Brief, el cual, se constituye en la herramienta epistémica que iluminaría e informaría la manera como el diseñador y/o profesor documenta la toma de decisiones curriculares e instruccionales y orquesta el aprendizaje del tópico específico en el aula de ciencias. Así, este último es considerado por la comunidad de práctica como un instrumento de pensamiento y aprendizaje (Ruthven, Laborde, Leach y Tiberghien, 2009).

Desde luego, que este modelo de diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje se ha considerado por la comunidad como un órgano u aparato confiable y sistemático el cual asiste a diseñadores y/o profesores en el diseño, adaptación y validación de una SEA o Worked Example para entornos o contextos formales de aprendizaje de las ciencias (Leach et al., 2003; Leach, Ametller & Scott, 2007; Ruthven, Laborde, Leach y

Tiberghien, 2009). En particular, para este estudio asistiría al diseñador y/o a los docentes de química de la Institución Educativa seleccionada en la planificación de la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia permitiendo con esto que los estudiantes alcancen una comprensión conceptual de muchos de los tópicos del currículo de la química, dado que, este núcleo fundamenta la gran mayoría de los contenidos de esta disciplina; vertebra el plan de estudios de la química; permite tanto la integración y diferenciación de los tres niveles de representación como el desarrollo de esquemas conceptuales que subyacen a los tópicos en cuestión (Chi, et al., 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Gómez Crespo, 2005).

De hecho, el anterior proceso generaría una teoría² la cual podría ser utilizada por otros investigadores y educadores de esta comunidad de práctica durante el rediseño de la SEA del núcleo de la discontinuidad de la materia en otros contextos escolares. Es decir, el cuerpo de conocimientos de estos instrumentos puede servir para emitir juicios sobre el éxito o el fracaso del diseño de la enseñanza del núcleo conceptual en cuestión.

Finalmente, los instrumentos curriculares y de enseñanza “Design Brief y Worked Example” estarían ayudando a superar la brecha entre los marcos teóricos-metodológicos generados por los especialistas y el diseño ambientes de aprendizaje de los tópicos del currículum de la química, ya que, estos instrumentos permiten fundamentar e informar la toma de decisiones acerca de cómo enseñar un tópico científico específico y de cómo mejorar el aprendizaje de éstos en los estudiantes de la escuela primaria y secundaria. Es decir, con el diseño de SEA’s de tópicos concretos se estaría contribuyendo a enriquecer el conocimiento práctico profesional de diseñadores y/o profesores de ciencias (Cobb, et al., 2003; Furió-Más, Solbes y Furió-Gómez, 2008; Amettler et al., 2009; De corte, 2009; Furio-Más et al., 2009; Leach et al., 2009).

² Las teorías que se generan en la investigación de los estudios de diseño son catalogadas como teorías humildes “humble theories”, es decir, teorías de dominios específicos (Cobb et al., 2003; Bannan-Ritland, 2003; DiSessa y Cobb, 2004; Confrey, 2006; Kelly, 2006; McKenney, et al., 2006; Burkhardt, 2006; Alzaghibi, 2010)

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde la década de los sesenta y setenta, se comenzaron a realizar grandes esfuerzos para modificar la manera de enseñar las ciencias naturales a consecuencia de que Rusia le estaba ganando la carrera espacial a los Estados Unidos (Aliberás et al., 1989). Este hecho produjo que se generaran en países como Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Francia, Alemania, Suecia y Australia, reformas curriculares que tuviesen como propósito deliberado el mejorar la enseñanza, además, que los estudiantes asumieran como proyecto de vida el estudio de las ciencias experimentales.

Hay que destacar, que los resultados presupuestados de los esfuerzos de las reformas no fueron los deseados, dado que, los estudiantes en lugar de enamorarse del estudio de las ciencias experimentales dejaron evidenciar su desinterés por ésta. Adicionalmente, adquirieron un estado de desmotivación y poca confianza en la capacidad de aprender los tópicos del currículo de las ciencias experimentales, ya que, se pensaba era sólo para los estudiantes dotados de mucha inteligencia, o bien, para seres provenientes de otros planetas (Gutiérrez, 1987; Aliberás et al., 1989; Bliss, 1995).

De ahí, que dentro de la comunidad de investigadores en Educación en Ciencias se haya aumentado el interés por querer estudiar las posibles causas de la apatía de los estudiantes por el aprendizaje de las ciencias naturales. De hecho, dicha comunidad ha logrado evidenciar que este desinterés de los estudiantes por esta disciplina ha sido causado por varios elementos entre los que se destaca el conocimiento profesional del profesor de ciencias, el cual ha sido catalogado como tácito (Ruthven, Laborde, Leach, and Tiberghien, 2009), débil y compartimentalizado (Gess-Newsome, 1999). Desde luego, que dichas falencias formativas no le permitirían llevar a cabo la planificación de la enseñanza y el acto educativo de una forma coherente con los marcos teóricos y metodológicos de las actuales investigaciones educativas.

Durante décadas pasadas, las políticas educativas de los currículos oficiales eran los responsables de la toma de decisiones curriculares e instruccionales. En este sentido, eran

los expertos³ en el diseño curricular quienes decidían el qué y el cómo se debía enseñar un tópico específico, es decir, seleccionaban los contenidos, metodologías, estrategias pedagógicas, además, los recursos y tiempos.

Así pues, el acto educativo de los profesores de la educación básica y media quedaba reducido a una simple aplicación técnica de un conjunto de tareas y actividades de enseñanza prescritas de manera vertical por los diseñadores del currículum (Leach, 2007; Leach et al., in press, 2009), que en el mejor de los casos, tanto sus intereses como intenciones se reducían a seleccionar el mejor libro de texto (Sanmarti, 2000). De ahí, que el diseño del proceso de enseñanza ha sido más el resultado de concretar un conjunto de rutinas e intuiciones que de una toma de decisiones curriculares y de enseñanza consciente e informada por teoría. En otras palabras, la acción del profesor en el acto de enseñanza estaría condicionada por el trabajo de los especialistas quienes confeccionaban los materiales educativos, lo cual, reflejaba la falta de autonomía en dicha toma de decisiones curriculares y de enseñanza (Jiménez y Sanmarti, 1995; García et al., 1995; De Pro, 1999; Gil, et al., 1998; Sánchez y Valcárcel, 2000, 2005; Sanmarti, 2000; Leach, Amettler and Scott, 2007; Furio, et al., 2009).

De hecho, pareciese que la comunidad de expertos en el diseño curricular consideraban que la gran mayoría de profesores no estaban capacitados para llevar a cabo la planeación de su práctica educativa. Por tal motivo, se los había concebido como aplicadores de propuestas diseñadas por otros, más no, como profesionales reflexivos de su práctica (Schön, 1998) y del conocimiento profesional que ellos han construido (Sanmarti, 2000). En este sentido, muchos de ellos asumen su práctica educativa desde una racionalidad técnica lo cual ha desencadenado en ellos una insatisfacción por su profesión y una alta desmotivación por emprender tareas de planeación de su práctica educativa llevándolos a excluirse del proceso de diseño curricular (Duit, 2006; De Pro, 1999)⁴.

³Para Furio et al., (2009) estos expertos son etiquetados como los “*teóricos de la enseñanza*”, investigadores, a los que la administración educativa suele encargar el diseño de un nuevo currículum en cualquier reforma educativa (p.246).

⁴A los países Latinoamericanos en la década de los setenta y ochenta llegaron diseños curriculares y materiales educativos provenientes de países como Alemania, Francia para ser aplicados por los maestros de manera acrítica en las diferentes instituciones sin tener en cuenta las variables contextuales.

Ahora bien, los estudios del campo de la Educación en Ciencias han evidenciado que los procesos de planeación de la enseñanza realizada por el profesor de básica y media, está caracterizada de la siguiente manera:

- Como un acto espontáneo. El cual, no requiere del diseño consciente e informado de ambientes de enseñanza-aprendizaje que buscan maximizar la comprensión conceptual de los tópicos del currículo de las ciencias (Souza y Elía, 1997; Davini, 2008).
- Son llevadas a cabo por el enseñante de manera intuitiva o implícita. En consecuencia, no se hacen explícitas las justificaciones a cerca de la toma de decisiones sobre aspectos concretos del diseño de la enseñanza de tópicos específicos (Leach, Ametller and Scott, 2009).
- Habitualmente fundamentan el diseño de la enseñanza de un tópico del currículum de las ciencias a partir de la estructura lógica de los textos escolares. Por tanto, no le hacen a éstos una reflexión previa que considere los antecedentes y el contexto de los estudiantes (Leach, Amettler and Scott, 2008, 2010).
- La planeación de la enseñanza no ha sido conscientemente concebidas por el profesor como una actividad clave de su profesionalidad que requiere una demanda y exigencia cognitiva con una alta inversión de tiempo para la toma de decisiones fundamentada.

Evidentemente, la planeación tácita, intuitiva, espontánea, desinformada, quizás no ilumine una práctica educativa ejemplar que le permita al estudiante la (re)construcción de la cultura científica escolar. De hecho, muchas de las investigaciones acerca de las finalidades del currículo y de la enseñanza apuntalan a la construcción de ambientes de enseñanza y aprendizaje que permitan a los estudiantes alcanzar una socialización y transformación que propicie el saber que, saber hacer, saber ser y saber estar en su contexto familiar, profesional y social.

En contraste, las investigaciones actuales acerca de la planeación de la enseñanza (ej. Yinger, 1977; Clark y Yinger, 1979; Leach, Ametller and Scott, 2010; Meheut y Psillos, 2000; Duit, 2006; Ruthven et al., 2009; Alzaghibi, 2010, entre otros), han aportado los referentes teóricos y metodológicos que iluminarían el proceso de diseño de la enseñanza de un tópico específico de las ciencias naturales. Desde esta perspectiva, en muchos países se generó la necesidad de llevar a cabo reformas curriculares en ciencias las cuales

asumieron “la base del conocimiento para la enseñanza⁵” como un elemento que juega un papel clave en la transformación de un contenido disciplinar en una enseñanza viable a unos estudiantes singulares de un contexto particular (Shulman, 1986, 1987).

Por ende, el profesor de ciencias desde este marco de referencia abandonaría la actitud pasiva y avanzaría hacia la consolidación de un actor protagónico de su quehacer educativo en una actitud reflexiva, autónoma, creadora e innovadora. Para ello, haría uso de su conocimiento práctico profesional junto a la literatura basada en la investigación con la intención de iluminar el proceso de enseñanza desde la planeación. Así, él podría reconocer que hace parte de ambientes de enseñanza/aprendizaje complejos e inciertos como el aula donde tiene que identificar problemas prácticos, así como, establecer posibles soluciones efectivas y coherentes con sus intenciones y propósitos educativos (Sánchez y Valcárcel, 1993; Gorard and Taylor, 2004; Alzaghibi, 2010; Leach y Scott, 2002; Leach, Ametller & Scott, 2010; Design Council, 2007).

Pese a los numerosos estudios sobre el diseño de la enseñanza, se ha evidenciado en los profesores de ciencias en formación como en ejercicio que no se están generando las oportunidades en donde los profesores construyan marcos teóricos y metodológicos que les permita llevar a cabo diseños de la enseñanza de tópicos específicos basados en teoría y en evidencias empíricas (Cobb, et al., 2003; Furió-Más, Solbes y Furió-Gómez, 2008; Ametller, Leach & Scott, 2009; Furio et al., 2009; Leach & Scott, 2009).

Ahora bien, otro elemento que ha acrecentado la anterior problemática hace referencia a que los primeros estudios de diseño de la enseñanza estuvieron sustentados por las *grandes teorías* del aprendizaje, es decir, un corpus de conocimiento en nivel de detalle de grano muy grueso⁶ (Leach and Scott, 2005). Así, en éstas se puede encontrar una vasta información sobre cómo un sujeto aprende y se desarrolla cognitivamente. No obstante, aunque estas teorías han aportado al mejoramiento de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias ellas resultaron ser insuficientes para abordar un dominio

⁵Shulman (1987) conceptualizo la “*Base del Conocimiento para la Enseñanza*” como un sistema de conocimientos que está formada por siete categorías generales, tales como: (1) conocimiento de la materia impartida; (2) conocimientos pedagógicos generales; (3) conocimiento del currículo; (4) conocimiento pedagógico del contenido; (5) conocimiento de los educandos y sus características; (6) conocimientos de los contextos educacionales y (7) conocimiento de los objetivos, las finalidades, valores educacionales y, de sus fundamentos filosóficos e históricos.

⁶Leach, Ametller y Scott (2005, 2008) usan el término “grano” para describir el nivel de detalle en el que un proceso o práctica es descrita en términos del contenido específico.

científico específico a través un instrumento curricular como la SEA (Leach and Scott, 2008).

En este sentido, la comunidad en Educación en Ciencias produce un conjunto de teorías acerca de la enseñanza y el aprendizaje de tópicos específicos del currículum o *marcos teóricos de grano fino* (Leach & Scott, 2002, 2003, 2005, 2007, 2009, 2010), con el propósito deliberado, de superar la ruptura entre la teoría basada en la investigación y el diseño de instrumentos curriculares. Así, este cuerpo de conocimiento con un nivel de detalle de grano fino va más allá de las teorías del aprendizaje de perspectiva general (ej. teorías del desarrollo, procesamiento de la información, construcción de significados en el plano social y, el constructivismo sociocultural en entornos formales); conllevando, a los profesores a reflexionar acerca de cómo estos marcos pueden apoyar una toma de decisiones curriculares/enseñanza más conscientes e informadas. En definitiva, éstas se materializarían a partir del diseño de SEA's en ciencias (Leach and Scott, 2007).

En cuanto a la anterior perspectiva, podemos afirmar que hace apenas dos décadas se comenzaron a desarrollar estudios cuyo foco ha sido el diseño de SEA's de contenidos específicos donde se asumieron a éstas como instrumentos curriculares que permiten mejorar la práctica educativa en las aulas de ciencias⁷. Sin embargo, a pesar del amplio cuerpo de conocimientos que se ha generado acerca del diseño de estos instrumentos, aún, siguen siendo escasos los estudios sobre esta línea de investigación que informe a la comunidad de diseñadores de políticas educativas, investigadores y maestros los resultados obtenidos en dicho proceso⁸. Naturalmente, el cuerpo de conocimiento que se logre producir al interior de esta línea podría ser utilizado por el profesor de ciencias para fundamentar sus procesos de razonamiento y acciones pedagógicas, los cuales, contribuirían a solucionar los diferentes problemas de la enseñanza y el aprendizaje de contenidos científicos específicos en un contexto particular (Leach, Ametller y Scott, 2008, 2010; Alzaghibi, 2010).

En particular, en la enseñanza de la química de manera lamentable se encuentra que en nuestro contexto nacional como en el internacional no se están generando las

⁷De hecho, estos estudios han producido una serie de teorizaciones basadas en las evidencias empíricas, haciendo que esta nueva línea de investigación comience a alcanzar un desarrollo dentro del campo de la Educación en Ciencias (Lijnse 1995, Design – Based Research Collective, Meheut and Psillos, Sandoval and Bell, Duit et al., 2005 & Latin American Journal of Physics Education).

⁸En el contexto colombiano tan solo se han encontrado algunas propuestas que incluyan el diseño, desarrollo y evaluación de SEA sobre contenidos científicos específicos. Sin embargo, éstas no asumen estos marcos teóricos y metodológicos provenientes de la tradición Anglosajona y Europea.

oportunidades institucionales en donde los profesores en formación inicial como en ejercicio construyan marcos teóricos y metodológicos que les permita llevar a cabo los diseños de la enseñanza de tópicos específicos para sus contextos escolares, es decir, una enseñanza social y culturalmente contextualizada (Cobb, et al., 2003; Furió-Más, Solbes y Furió-Gómez, 2008; Ametller, Leach & Scott, 2009; Furio et al., 2009; Leach & Scott, 2009).

Además de las escasas evidencias de diseños de SEA's en química que asuman los marco teóricos/metodológicos de los estudios de diseño y que se fundamenten en los aportes de la psicología cognitiva (Chi, et al., 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Gómez Crespo, 2006; Leach, Ametller & Scott, 2008, 2010). En consecuencia, esta situación se ha visto reflejada en las diferentes dificultades que tienen los estudiantes para darle sentido a los tópicos de la química (Pozo y Gómez, 1998; Martín, Gómez y Gutiérrez, 2000).

De ahí que, se hace necesario que el profesor participe activamente en el proceso de planeación de la enseñanza de contenidos específicos de dicha disciplina de una manera fundamentada y, orientada desde los marcos teóricos y metodológicos aportados por la investigación en el diseño de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA).

Por lo anterior, surge como pregunta de investigación: *¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) social y culturalmente contextualizada para un tópico específico de la química en la educación básica?*

Dado que, los diseñadores del currículum de la química consideran que para la educación básica y media se debería estructurar el currículum para la enseñanza de los tópicos específicos de la química a partir de tres núcleos conceptuales: discontinuidad de la materia, conservación de propiedades no observables y relaciones cuantitativas (Pozo y Crespo, 1998; Pozo, 1991; Gómez Crespo, 2005). Los estudios han focalizado especial énfasis en el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia (Villaveces, 2000; Garcia, Mosquera y Mora, 2003; Garritz & Trinidad-Velasco, 2006; Garritz, Porro, Rembado, & Trinidad, 2007; Loughran, Mulhall, & Berry, 2004; Pozo, 1991; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Candela, 2012), ya que éste, se lo considera como la base para comprender un amplio compendio de fenómenos químicos, biológicos y físicos, adicionalmente, le brinda la oportunidad al estudiante de desarrollar los esquemas conceptuales de las ciencias: interacción sistémica, conservación, equilibrio, proporcionalidad, correlación y probabilidad (Pozo y Crespo, 1998; Pozo, 1991).

Es por ello, que se reformula la pregunta de investigación anteriormente expuesta hacia un caso particular de la enseñanza de la química como es el tópico específico de la discontinuidad de la materia, planteándose el siguiente interrogante *¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) social y culturalmente contextualizada sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia para la educación básica?*

CAPÍTULO II. ANTECEDENTES

2.1 Introducción

En el campo de la Educación en Ciencias se ha evidenciado que existen pocos estudios en los cuales se aborde el diseño, la implementación y la evaluación de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje de contenidos científicos específicos (Méheut & Psillos, 2000; Meheut, 2005; Leach & Scott, 2002; Leach, Ametller, and Scott, (in press); Buty, Tiberghien & Le Marechal, 2004; Tiberghien et al., 2005; Ruthven et al., 2009). Sin embargo, en las recientes décadas se ha aumentado el interés en dicha comunidad por abordar y desarrollar esta línea de investigación focalizada principalmente en la enseñanza y el aprendizaje de contenidos científicos específicos en contextos formales. De ahí, se deriva la importancia que tiene la actividad de diseño de SEA's para los investigadores y profesores de ciencias.

Viiri & Savinainen (2008) afirman que para apoyar el diseño de SEA la comunidad de investigadores ha construido y empleado varios marcos teóricos y metodológicos con el ánimo de aportar herramientas adecuadas para las tareas de diseño con el propósito deliberado de querer mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en la escuela primaria y secundaria.

2.2 Antecedentes

En el siguiente apartado de manera sucinta se presenta los aportes teóricos y metodológicos que los diferentes grupos de investigación han hecho al desarrollo y consolidación de los estudios de diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) de tópicos científicos específicos:

Kattmann, Duit, Gropengiesser & Komorev (1998, 2005, 2007) este grupo de investigación incorpora un modelo de diseño de SEA basadas en investigación, el cual, asume los principales presupuestos teóricos provenientes de la *tradición Educativa Alemana Didaktik* (Westbury, Hopmann & Riquarts, 2000), la cultura de la pedagogía y la educación en ciencias. De ahí que éste modelo educativo adopte una perspectiva constructivista (Philips, 2000; Duit y Treagust, 1998, in press, 2003; Widodo, 2004) personal y/o individual del conocimiento científico

escolar. En coherencia, el modelo de Duit, Gropengiesser & Kattmann (1998) se centra en la reconstrucción o reelaboración del conocimiento científico con el fin de volverlo más asimilable y accesible a los estudiantes. De ahí, que ellos hayan articulado tres destacadas líneas de investigación educativa⁹ a través de las cuales se realiza un trabajo profundo de transformación del contenido a enseñar.

En este sentido, el modelo de Reconstrucción Educativa busca promover un modelo de enseñanza de cambio conceptual llevando las concepciones alternativas de los estudiantes a un nuevo dominio¹⁰, con el propósito, deliberado de alcanzar la comprensión conceptual de los tópicos del currículo de las ciencias con el ánimo de favorecer un mayor grado de alfabetización científica, y, en nuevos entornos de aprendizaje que tengan en cuenta la perspectiva de los estudiantes; los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias; el sistema de conocimientos y creencias del profesorado.

El Grupo Lyon (Buty, Tieberghien, & Le Marechal, 2004) han contribuido con el desarrollo de dos herramientas específicas de diseño con el formato denominado: “*Distancia de conocimiento*” o “*rejilla*” (the grid) y, las “*relaciones de modelado*”. De ahí, que éstas hayan sido aplicadas para el diseño, implementación y evaluación de SEA’s de tópicos concretos en física y química a partir de un marco teórico que vincula importantes hipótesis sobre la didáctica, el aprendizaje, la enseñanza y la epistemología. Desde luego, que este marco ha conllevado a diseñar SEA’s a partir de una perspectiva constructivista social basadas en dos elementos fundamentales, a saber: el rol de los modelos científicos en física y química y, el rol que desempeña el conocimiento inicial de los estudiantes en los procesos de aprendizaje. Desde este punto de vista, el grupo Lyon verifica la coherencia del diseño en relación a la formulación de sus hipótesis y su factibilidad en el sistema educativo.

⁹En el modelo de reconstrucción Educativa (Duit et al., 2007) se evidencia de manera explícita la interacción de tres líneas de investigación a saber: (1) la clarificación conceptual del contenido científico a enseñar; (2) la investigación en educación en ciencias basada en los estudios empíricos sobre la perspectiva de los estudiantes, los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia, las visiones y concepciones de los profesores; (3) el desarrollo de estudios de diseño iterativo en entornos formales de enseñanza.

¹⁰Para los autores del modelo de Reconstrucción Educativa, un dominio, significa, avanzar hacia unos modelos interpretativos cada vez más sofisticados necesarios para explicar los tópicos del currículo de la química.

Leach, J.; Ametller y Scott (2010)¹¹ este grupo de investigación recurre a los marcos de disciplinas de referencia, tales como, la psicología cognitiva, la lingüística, la sociología y la antropología de la educación entre otras (teorías de grano grueso).

En este sentido, el grupo Leeds comenzó a considerar que el cuerpo de conocimientos provenientes de las grandes teorías, es necesario, para el diseño de toda secuencia de enseñanza y aprendizaje. No obstante, estos marcos no eran suficientes para alcanzar las metas y propósitos establecidos en el currículo de las ciencias. Por tanto, ellos vieron la necesidad de que esta tarea del diseño estuviera también iluminada por marcos provenientes del constructivismo sociocultural (marcos intermedios) y las herramientas de diseño o *Design Tools*, las cuales, se focalizarían en elementos específicos para la enseñanza y aprendizaje del currículo de las ciencias.

De hecho, el grupo Leeds a través del desarrollo de la línea de investigación de los estudios de diseño formuló unos marcos teóricos que subyacen a la demanda de aprendizaje y al enfoque comunicativo. Estas herramientas de diseño iluminan e informan las cuatro secciones del Design Brief¹², desde luego, el cuerpo de conocimientos de éste se materializa a través de la Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje o Worked Example de un tópico específico. Leeds et al., (2010) a partir de su modelo de diseño de la enseñanza diseñaron, implementaron y evaluaron la SEA de los procesos de cambio físico y químico de la materia en la escuela secundaria, con estudiantes entre edades 11 a 14 años los cuales alcanzaron una comprensión conceptual de los tópicos en consideración.

Adicionalmente, el grupo Leeds ha desarrollado otros Design Brief y Worked Examples de tópicos específicos, tales como: nutrición vegetal, circuitos eléctricos, fotosíntesis, genética y procesos de cambio físico y químico¹³. Desde luego que éstos han sido

¹¹Las investigaciones llevadas a cabo por el Grupo Leeds (Leach & Scott, 1995, 1999, 2000, 2002, 2003, 2008; Leach, Ametller & Scott, 2006, 2007, 2009, 2010; Ametller, Leach & Scott, 2007, 2009; Mortimer & Scott, 2003).

¹²El grupo Leeds conceptualiza el Design Brief como un tecnofacto el cual está formado por tres fases: el contexto para la enseñanza del diseño, los objetivos de enseñanza de un contenido científico específico y, la secuenciación de contenidos y especificación de estrategias pedagógicas para ser utilizados en la enseñanza.

¹³El grupo Leeds durante el año (2008) en colaboración con tres escuelas de secundaria de Leeds al norte de Inglaterra empezaron a desarrollar un proyecto longitudinal de una duración aproximada de tres años para

diseñados, desarrollados y evaluados en escuelas de secundaria vinculándolos al Marco Estratégico Nacional de objetivos de aprendizaje para la Ciencia en la educación secundaria en Inglaterra y proporciona una cobertura de las partes del programa QCA de estudio para la ciencia. De hecho, éste último diseño, corresponde en particular a una SEA que tiene como propósito central, desarrollar una comprensión conceptual más significativa del modelo corpuscular de la materia para describir y explicar los procesos de cambio físico y químico para estudiantes en la etapa (K3) de secundaria de este país (Amettler et al., 2009).

Por su parte, **Alzaghibi, M. (2010)** en su tesis doctoral diseñó el Design Brief sobre el tópico de la nutrición en plantas, adaptó y evaluó la SEA propuesta por el grupo Leeds en UK (Leach et al., 2009) e implementa y evalúa en dos escuelas de secundaria, con cuatro profesores y 131 estudiantes varones (15 y 16 años) en el aula de biología. Utilizó una metodología de estudio de caso de tipo exploratorio, descriptivo y explicativo la cual estuvo en coherencia con las fases de diseño, implementación y evaluación del Grupo Leeds. El estudio permitió concluir que las teorizaciones generadas en esta clase de estudios pueden ser utilizadas en otros contextos teniendo en cuenta los antecedentes de la población escolar.

Kabapinar, Leach & Scott (2004) diseñaron, implementaron y evaluaron una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) sobre el tópico de la solubilidad en el aula de química en las escuelas de secundaria Turcas con estudiantes en edades entre 14 y 15 años. Para ello, tomaron como marco de referencia los estudios de diseño (Brown, 1992; Brown & Clement, 1991; Duit, 1997; Design-Based Research Collective, 2003; Collins et al., 2004; Confrey, 2005). Además, adaptaron y ajustaron ésta al currículum de la química prescripto por las políticas educativas del gobierno Turco. Un aspecto clave del contenido disciplinar de la SEA en cuestión fue la planeación e implementación del modelo corpuscular de la materia, dado que, éste le serviría a los estudiantes para darle sentido a situaciones cotidianas las cuales recogen el concepto de solubilidad, adicionalmente, los asistiría para que logaran una diferenciación e integración de los niveles de representación macroscópico y submicroscópico de dicha disciplina.

implementar y evaluar los diseños de SEA de los tópicos antes mencionados en el que analizarán el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula de ciencias en dichas escuelas.

Los resultados encontrados a través de este estudio sugieren que es posible diseñar e implementar una SEA de perspectiva sociocultural en la cual se aborda un tópico específico y se introduce el modelo corpuscular de la materia como mediador, con el propósito deliberado de que los estudiantes puedan hacer uso de éste satisfactoriamente para explicar los diversos fenómenos relacionados con el tópico de la solubilidad y los conceptos asociados a este término. Adicionalmente, se encontró que los estudiantes quienes siguieron la instrucción desde una perspectiva convencional, se les dificultó alcanzar una comprensión conceptual del tópico en consideración, ya que, no lograron transferir el concepto de solubilidad a otras situaciones tanto académicas como cotidianas, menos aún lograron retener la conceptualización del contenido en consideración por espacios de tiempos prolongados.

En el marco de la tradición Española **Furió et al., (2012)** propone un estudio de diseño, implementación y evaluación de una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) de perspectiva constructivista que permitió a estudiantes (14-15 años) del tercer nivel escolar de la ESO la comprensión macroscópica de los constructos teóricos de sustancia, en estudiantes de educación secundaria. Fundamentaron el diseño de este instrumento, en primer lugar, desde un análisis histórico para determinar las principales dificultades epistemológicas con la que se enfrentó la comunidad científica. Asimismo, se identificaron algunas concepciones alternativas y dificultades de comprensión que los estudiantes deben superar acerca de los conceptos de sustancia y compuesto químico y finalmente, algunas deficiencias en la enseñanza habitual de dichos constructos (Furió-Más y Domínguez-Sales 2007a, 2007b). En segundo lugar, un análisis epistemológico permitió establecer los principales objetivos de aprendizaje y en función de éstos, especificar una serie de indicadores de aprendizaje que en una etapa de análisis posterior, permitieron la toma de decisiones instruccionales para seleccionar y secuenciar los contenidos científicos específicos.

Posterior a esta fase, los autores seleccionaron y formularon las estrategias pedagógicas con las que los profesores e investigadores enfrentaron la mayoría de los objetivos de aprendizaje del tópico. Asimismo, para el diseño de la SEA se tuvo en cuenta los aspectos axiológicos y procesos cognitivos asociados a ellos, a partir, del diseño de actividades con un enfoque CTSA.

Finalmente, el estudio permitió evidenciar que gran parte de los estudiantes de secundaria en escuelas públicas presentan dificultades para comprender los conceptos de sustancia y compuesto. Adicionalmente, se evidenció que existe una falta de integración de los niveles de representación macroscópica y submicroscópica, por parte de los estudiantes. Derivado de esta situación, ellos no interpretan los fenómenos macroscópicos a partir de un modelo teórico de partículas de la materia. De ahí, que este estudio haya encontrado la necesidad de diseñar una SEA desde una perspectiva general sobre el aprendizaje basado en la resolución de problemas mediante actividades de investigación.

Hernández y Casulleras (2011) a través de este estudio analizaron el proceso de desarrollo iterativo (diseño, implementación y evaluación) de una SEA sobre el tópico de las propiedades acústicas de los materiales para estudiantes de escuela secundaria (14-16 años). Desde luego, que dicha secuencia fue diseñada con antelación dentro de un proyecto Internacional el cual tuvo como intención el diseño de materiales curriculares basados en los resultados de la investigación sobre la práctica educativa en el aula de física. Adicionalmente, el propósito central del estudio en consideración fue el de identificar el impacto de los elementos didácticos que hacen parte de la toma de decisiones curriculares e instruccionales abordadas en la SEA. Para ello, refinaron la herramienta metodológica a partir de los resultados de aprendizaje de los estudiantes, lo cual generó una serie de cambios dando como resultado la modificación de los siguientes aspectos: (1). revisión de los objetivos y/o demandas de aprendizaje de cada tarea para adaptarlas a los antecedentes de los estudiantes; (2). Selección de nuevos conceptos que faciliten la comprensión del tópico en cuestión a los estudiantes; (3) nuevas formulaciones y representaciones del tópico abordado; (4) modificaciones en la secuenciación de los conceptos y actividades de aprendizaje con la intención de ayudar a los estudiantes a comprender el tópico en consideración; y (5) reformulación de las tareas problema con el propósito de ajustarlas al lenguaje de los estudiantes.

En síntesis, la contribución de estos estudios se ha convertido en un aporte clave a nivel metodológico y conceptual que han orientado el cómo debe ser abordado el proceso de diseño de SEA de tópicos científicos específicos. En particular, se han asumido las grandes teorías desde una perspectiva sociocultural de construcción de significados en el plano social (Vygotsky, 1962; Wertsch, 1991; Bakhtin, 1996) como un marco teórico intermedio de perspectiva constructivista social sobre el aprendizaje de la ciencia en contextos formales (Vygotsky, 1962; Ausubel, 1963) para el desarrollo de específicas

herramientas de diseño (demanda de aprendizaje y enfoque comunicativo) a través de la cual ha permitido iluminar la toma de decisiones curriculares e instruccionales dando como resultado el desarrollo de un diseño de SEA sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. En este sentido, durante el desarrollo de este estudio se asumió el rol de profesor diseñador, así, a partir de su sistema de conocimientos, creencias, valores y experiencia profesional se ha utilizado el modelo de diseño de la enseñanza de tradición inglesa del grupo Leeds (Amettler et al., 2007) el cual estuvo en coherencia con los intereses, necesidades, dificultades y limitaciones propias de una comunidad educativa de enseñanza formal en (Cali, Colombia) con el propósito deliberado de diseñar una SEA más consistente y sistemática que tratara de articular las decisiones de diseño dispuestas en el instrumento del “Design Brief” y traducirlas a un formato enseñable denominado el “*Worked Example*”, con el fin, de que los estudiantes de grado noveno de educación secundaria logren alcanzar una mejor comprensión conceptual del tópico específico. Vale la pena destacar, que después del desarrollo de este estudio es necesario buscar el apoyo de las políticas educativas estatales y de los centros universitarios para continuar con el proceso iterativo de implementación, evaluación y rediseño de estos instrumentos epistémicos que hasta tanto son de carácter hipotético.

CAPÍTULO III. MARCO CONCEPTUAL DE REFERENCIA

Introducción

Desde el final de los sesenta y comienzos de los setenta la comunidad de educación en ciencias aumentó su interés por el estudio de la planeación de la enseñanza en la escuela primaria y secundaria (Wittrock, 1985). De hecho, en este período se llevaron a cabo una serie de proyectos de investigación, los cuales abordaron elementos, tales como: conceptualización del constructo de la planeación, funciones y tipos de planeación, modelo cíclico de planeación, entre otros. Sin embargo, fue en la década del siglo XXI en la que el auge de estas investigaciones se dirigen hacia el diseño de la enseñanza y aprendizaje de contenidos específicos, un enfoque de investigación emergente, que está siendo utilizado por los diseñadores de la enseñanza de las ciencias y de otros campos teóricos para desarrollar y evaluar sus diseños en contextos formales de enseñanza. Éste se ha constituido como la piedra angular que los asiste durante la planeación, enseñanza, evaluación y rediseño de materiales curriculares de un tema concreto. Asimismo, contribuye a los estudiantes a lo largo de la trayectoria del aprendizaje tanto en el plano personal como social.

3.1 Los estudios de diseño de la enseñanza: un campo emergente de la educación

Últimamente ha sido cuestionada la escasa importancia que los educadores de profesores le dieron en décadas anteriores al 2000 a la práctica del aula. Así pues, esta situación los ha llevado afirmar que la investigación educativa se ha encontrado a menudo divorciada de los problemas y cuestiones de la práctica áulica (Duit, et al., 2005; Duit, 2007; Rinaudo y Donolo, 2010, entre otros). Por tanto, dicha ruptura originó una falta de marcos explicativos que fundamenten la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en la escuela primaria y secundaria. De allí, la necesidad de construir nuevos enfoques de investigación que hablaran directamente de esta clase de problemas, además, que fuesen útiles para la generación de nuevas teorías del desarrollo y de conocimiento intervencionista, las cuales ayudarían a modificar, complementar o invalidar las ya existentes (Van de Akker, 1999).

Un aspecto a tener en cuenta de esta línea de investigación hace referencia a que los primeros estudios estuvieron focalizados en aspectos generales del diseño de la enseñanza (Yinger, 1977). Sin embargo, estos proyectos estuvieron limitados, dado que, en ellos se descuidaron elementos particulares (como son selección, secuenciación y temporalización de las ideas claves a ser enseñadas; concepciones alternativas y dificultades en los estudiantes, entre otros), los cuales, complementan la planeación de la enseñanza de un tópico específico que hace parte del currículum de la disciplina en cuestión. Así, con el propósito de generar conocimiento que contribuya a fortalecer la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en diferentes contextos, niveles y áreas disciplinarias (Elmore, & Peterson et al., 1996) un buen número de investigaciones suministrarían directrices eficaces a los profesores las cuales les permitirían hacer de la práctica áulica un proceso reflexivo en el que interaccionarían la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de manera fundamentada y eficiente (Lagemann, 2002; Cohen et al., 2003).

La línea de investigación de los estudios de diseño empezó a configurarse de manera progresiva desde la década de los sesenta (1966) en Rusia con la intención de mejorar la educación. Para ello, los educadores de profesores e investigadores se apoyaron en los marcos teóricos y metodológicos, provenientes de la psicología cognitiva y de la enseñanza/aprendizaje de las matemáticas. Esta situación les permitió a ellos comenzar a desarrollar este tipo de estudios, los cuales constaban de dos fases, experimentos de confirmación y experimentos de enseñanza¹⁴, llegando a ser éstas complementarias y, ejerciendo una retroalimentación mutua (Kalmykova, 1966; Kantowski et al., 1978).

Por lo general, los diferentes grupos de investigación comparten ideales explicativos cuyo fin central descansa tanto en la producción de teorías de enseñanza específicas de dominios como en el mejoramiento de las prácticas educativas en nuevos ambientes de aprendizaje más eficientes desde una perspectiva constructivista del aprendizaje. Es así,

¹⁴Kalmykova (1966) conceptualiza a los *experimentos de confirmación* como el proceso a través del cual el investigador describe cómo aprenden los sujetos bajo las condiciones de un determinado contexto áulico. Ahora bien, los *experimentos de enseñanza* parten de una hipótesis acerca de la manera óptima en que ocurre el aprendizaje por comprensión conceptual, así, ésta se materializa en el diseño de un ambiente de aprendizaje/enseñanza que busca provocar el tipo de aprendizaje en cuestión. Ambas fases de investigación son complementarias, de hecho, los datos recogidos por medio de los estudios de confirmación, se convierten en el *inputs* para la formulación de la hipótesis que sirve de punto de inicio en el experimento de enseñanza; y los resultados de los últimos generan el *outputs* que pueden llevar a nuevos estudios de confirmación, cerrando de esta manera el ciclo iterativo.

como estos grupos¹⁵ construyen modelos específicos para el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje, los cuales encarnan de manera hipotética una enseñanza de tópicos específicos, cuyo marco teórico posteriormente deberá ser validado a través de la implementación y evaluación del producto de diseño.

En la década del noventa en los EEUU los educadores de profesores muestran interés por querer darle solución al conjunto de problemas que aborda la línea de investigación de los estudios de diseño. Esta situación se debió al amplio desarrollo teórico y metodológico, alcanzado por la psicología cognitiva, la teoría del aprendizaje personal, la cognición situada y los estudios de las concepciones con las que llegan los estudiantes al aula. Así pues, este último elemento ejerció una fuerte influencia en el llamado a diseñar la enseñanza y el aprendizaje de un tópico específico para unos estudiantes singulares (De Corte, 2009).

Posteriormente, en la década del 2000 los investigadores de la educación en ciencias, lenguaje y matemáticas, focalizaron sus estudios en la forma cómo se diseña, implementa y evalúa la enseñanza de un tópico específico con el propósito de impactar el aprendizaje en las aulas. De hecho, los miembros del campo de la educación en ciencias quienes han ayudado a desarrollar este ámbito de investigación, vienen divulgando los adelantos teóricos y metodológicos emergidos de los respectivos estudios empíricos, para ello, utilizaron los órganos de divulgación del campo en cuestión¹⁶(Bannan-Ritland, 2003; Confrey, 2006; Kelly, 2006; McKenney, et al., 2006; Burkhardt, 2006).

3.1.1 Conceptualizando el ámbito de la investigación de diseño

Los estudios de diseño han sido calificados por el Design-Based Collective Research (DBRC, 2003) como un paradigma emergente que se ha encargado de estudiar el proceso de aprendizaje por comprensión conceptual dentro de un contexto real de enseñanza. Así

¹⁵Grupo Lyon en Francia, Grupo Leeds en Inglaterra, Grupo Didactik en Alemania y en Holanda (Linjse y Klaassen).

¹⁶En la literatura del campo de la educación en ciencias y matemáticas se pueden encontrar los siguientes órganos de divulgación, los cuales abordan la línea de investigación de “los estudios de diseño”: Educational Researcher³² (1), 2003; Journal of the Learning Sciences, 13 (1), 2004; Revista Internacional de Ciencias de la Educación²⁶ (5) 2004; Journal of Computing in Higher Education, 2005; 2003; Educational Design Research (8-13); libros (ej., Rama, Gustafson, Nieveen, y Plomp, 1999; Burkhardt & Schoenfeld, 2003; Kelly, 2003; Van den Akker et al, 2006; Kelly et al, 2008), capítulos de libros (ej., Richey, Klein, & Nelson, 2004; Gorard and Taylor, cap. 7, 2004); comunidades de investigación (ej., National Research Council, NRC, 2002; Design Based Research Collective, en 2003), Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education; The Cambridge Handbook of the Learning Science; Handbook of mixed methods in social and behavioral research.

pues, desde esta perspectiva los diseñadores de la enseñanza y el aprendizaje llevan a cabo indagaciones sistemáticas acerca de las mejores estrategias y herramientas instruccionales, además, seleccionan o diseñan materiales curriculares que se encuentren en coherencia con las metas de aprendizaje previamente elegidos por ellos. De hecho, los razonamientos y juicios que direccionan las anteriores acciones estarán fundados desde la literatura basada en la investigación y en la sabiduría de la experiencia de los diseñadores o profesores.

Desde los aportes de Barab (2006) se intenta conceptualizar la naturaleza y propósito de dicha línea, a saber:

... “es el estudio minucioso de un ambiente de aprendizaje único, que pasa a través de múltiples iteraciones, las cuales ocurren por lo general en contextos naturalísticos, con el fin de desarrollar nuevas teorías, artefactos y prácticas que puedan generalizarse a otras escuelas y aulas (Barab, 2006p.153)”.

Barab and Squire (2004) y Barab (2006) conceptualizaron la investigación del diseño como el proceso a través del cual se estudia minuciosamente un ambiente de aprendizaje particular, el cual debe pasar por procesos iterativos de diseño, implementación, evaluación y refinación. Este tipo de estudios de diseño son llevados a cabo en contextos de aula reales y complejos con la intención de generar teorías de enseñanza de tópicos concretos, diseñar tecnofactos y prácticas que puedan ser utilizados para iluminar o guiar la toma de decisiones curriculares e instruccionales de investigadores y profesores en otros contextos de enseñanza y aprendizaje.

Para Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer y Schauble (2003), se asume como elementos claves durante la toma de decisiones curriculares e instruccionales, al conocimiento del contenido como al contexto personal, familiar, social e institucional de los aprendices. Por su parte, Confrey (2006), indaga sobre las mejores estrategias instruccionales que les brinden a los estudiantes las oportunidades para que sus concepciones alternativas evolucionen de manera progresiva hacia unos conceptos y prácticas científicas de mayor sofisticación, también destaca que los artefactos producidos desde esta serie de estudios incluyen un conjunto de demandas de aprendizaje, objetivos de enseñanza y tareas de aprendizaje, elementos que deben ser finamente seleccionados y secuenciados guardando una coherencia lógica entre sí, con el fin de promover el aprendizaje por comprensión conceptual a través de la interacción entre estudiantes y bajo la asistencia del profesor.

Se destaca que los estudios de diseño desde la perspectiva general¹⁷ de Gorard & Taylor, (2004), el profesor debería iniciar reflexionando y formulado las acciones inteligentes y resultados que se esperan alcanzar durante el desarrollo del proceso de enseñanza. De ahí, que el diseñador o profesor deba realizar un minucioso estudio del contexto educativo donde se vaya a implementar el diseño bajo consideración, con el fin, de detectar cuáles son las problemáticas, limitaciones y dificultades que posiblemente obstaculizarían el aprendizaje de las ideas o conceptos claves del currículo de las ciencias.

En este sentido, los marcos teóricos y metodológicos de esta línea de investigación plantean la necesidad de formular una hipótesis teórica que se configura bajo la interacción de los siguientes aspectos: conocimiento del contenido; conocimiento de las concepciones alternativas con la que llegan los estudiantes; especificación de los resultados de aprendizaje que se espera alcancen los estudiantes; estrategias instruccionales alineadas con los marcos de las actuales reformas curriculares en ciencias; responsabilidades y compromiso del estudiante con su aprendizaje; y desempeño del investigador y profesor de manera acoplada a lo largo del ciclo iterativo de diseño.

Por tanto, la hipótesis que formula el diseñador o profesor se materializa en un formato o documento que en esta investigación toma el nombre de SEA (Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje). De hecho, que el marco que subyace a éste debe de ser implementado con la intención de validarlo en un contexto real de enseñanza y aprendizaje, no obstante, dicha validación difiere de la llevada a cabo en la experimentación tradicional. Es decir, va más allá de los simples resultados en donde se emiten juicios de si el diseño de una intervención es mejor o peor que la práctica usual de enseñanza.

Así, la interpretación de los anteriores elementos llevada a cabo por el equipo de investigación le permitiría a ellos poder refinar la SEA. Dicho proceso, les brinda la posibilidad de desarrollar principios sobre los métodos efectivos de enseñanza y aprendizaje de un tópico específico con la intención de que éstos sean utilizados por investigadores y/o profesores en otros escenarios escolares contribuyendo de esta manera a la construcción de una teoría práctica o “teorías humildes” como lo afirma Cobb et al., (2003).

¹⁷Gorard y Taylor (2004) afirman que el marco teórico de su modelo de diseño general puede ser utilizado por los educadores de profesores y enseñantes de diferentes disciplinas, como lentes conceptuales los cuales direccionarían el diseño, la implementación y la evaluación de una SEA en cuestión.

Naturalmente, los estudios desde esta perspectiva siguen teniendo la intención deliberada de vincular la teoría con la práctica del diseño, implementación y evaluación del profesor en el contexto del aula de ciencias con el fin de resolver los problemas de la enseñanza y el aprendizaje de tópicos concretos. Así pues, las generalizaciones naturalísticas (Guba & Lincoln, 1982) generadas desde el estudio en cuestión, quizás, podría ser utilizada por otros educadores de profesores y enseñantes dentro de sus contextos escolares.

La investigación de diseño ha sido estudiada y analizada por un gran número de investigadores a nivel internacional, de hecho, como enfoque metodológico éste ha sido estudiado por un equipo prestante de investigadores en el contexto Anglosajón y Europeo (Richey & Nelson, 1996; van den Akker, 1999; Richey et al., 2004; Confrey, 2006; Collins, Joseph, y Bielaczyc, 2004; Brown & Clement, 1991; Cobb et al., 2003; Kelly, 2003, 2004; Sandoval & Bell, 2004; Reeves et al., 2005;;) pues éste ha tenido su origen en el método clínico de Piaget, Brown, Collins; los aportes de la filosofía de Dewey, la NRC y los experimentos de enseñanza, entre otros. No obstante, este tipo de investigación le ha prestado menor importancia al proceso iterativo, especialmente, a la fase de diseño de SEA's de contenidos científicos específicos.

Por el contrario, la tradición Europea ha brindado mayor relevancia a dicho proceso por las razones que se justifican más adelante. Sin embargo, entre los cientos de iniciativas dirigidas a producir secuencias de enseñanza a nivel internacional, sólo unas cuantas localizadas en la tradición Europea proponen marcos teóricos sólidos y fiables, los cuales, han configurado modelos de diseño que especifican explícitamente los fundamentos teóricos y los procedimientos que participan en el desarrollo de dichas SEA's al mismo tiempo que permiten su evaluación y posterior validación.

Existen cuatro modelos de diseño de SEA's planteados por las principales tradiciones en el contexto Europeo. De hecho, éstos ocupan una posición privilegiada en el campo de la investigación educativa por ser los más utilizados y referenciados en un amplio número de artículos de revistas, libros y handbooks. Adicionalmente, por ser estudios provenientes de la investigación de diseño tratan en la medida de lo posible que artefactos como las SEA's de tópicos específicos de las ciencias sean diseñados, implementados y evaluados a través de proyectos nacionales como en estudios de doctorado. Este tipo de investigación se ha dado especialmente en los últimos años en tres

países europeos. Sin embargo, a razón de la necesidad que se tiene de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, como también, que el proceso de diseño didáctico esté informado y basado¹⁸ en teoría, estos estudios se están desarrollando paulatinamente en otros países.

1. Según esto, se destaca en Holanda el modelo de Investigación del Desarrollo propuesto por Lijnse y Klaassen (2004); en Alemania, el modelo de “Reconstrucción Educativa” propuesto por Kattmann (1995), Duit, Gropengießer y Kattmann (2005); en Francia, el modelo de Ingeniería didáctica del Grupo Lyon propuesto por Artigue (1992), Buty et al., (2004); y, en Inglaterra se propone el modelo de diseño del Grupo Leeds, en adelante, el modelo de Leeds y/o Ametller (Ametller, Leach y Scott, 2007; Leach, Ametller y Scott, 2009). Así pues, cada uno de los anteriores cumple con la compleja tarea de diseñar, implementar y evaluar SEA’s asumiendo una perspectiva teórica sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias lo cual conlleva a destacar o priorizar sobre cada uno de los principios que orientan a diseñadores o profesores en la toma de decisiones curriculares e instruccionales que mejor se adapten a los propósitos, necesidades e intereses de diseño teniendo en cuenta el contexto en el que va a llevar a cabo la enseñanza y el aprendizaje de un tópico concreto.

En este sentido, las SEA’s de tópicos científicos específicos aparecen como artefactos o materiales curriculares potenciales para maximizar el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada en los estudiantes de básica y secundaria en las escuelas. De ahí, que sea clave en la siguiente sección, describirlas y conceptualizarlas teniendo en cuenta las diversas tradiciones investigativas del campo de la educación en ciencias.

3.2 Las secuencias de enseñanza aprendizaje (SEA) en la enseñanza de las ciencias: “una herramienta con propósito y significado educativo”

El interés por las Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) entre la comunidad de investigadores en educación en ciencias en los últimos años se ha incrementado (Viiri &

¹⁸Millar et al. (2006) establece una distinción muy clara entre los términos: práctica informada en la evidencia de la investigación y práctica basada en la evidencia de la investigación. Se considera que ambas deben ser tenidas en cuenta para el diseño de SEA de tópicos específicos en ciencias.

Savinainen, 2008; Mora y Parga, 2007; Zenteno-Mendoza y Garritz, 2009; Tiberghien, Buty & Le Maréchal, 2004) por ser una herramienta básica de planificación en el campo de la formación del profesorado, así como, del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Couso, en Caamaño, 2010) en la educación básica.

Lo más importante de destacar desde su aparición ha sido el desarrollo gradual de nuevos marcos conceptuales y metodológicos que le han brindado mayor soporte y solidez teórica viéndose referenciada en la investigación en la educación en ciencias en el ámbito internacional (International Journal of Science Education, 2004; Computing Department Lancaster University, 2004; Latin American Journal of Physics Education, 2007; Enseñanza de las ciencias, 2009; Educational Research, 2009; Didáctica de la física y química, Caamaño, 2010; Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 2010). A pesar de lo dicho, solo bajo algunas excepciones encontradas en la revisión de la literatura internacional (SEA's sobre fuerza, enlace químico, genética, célula, nutrición vegetal) se consideran escasas las evidencias empíricas sobre trabajos de esta naturaleza que informen el proceso de diseño basadas en resultados de investigación y validadas a partir de evidencias empíricas.

Respecto a la conceptualización de SEA en el contexto Anglosajón, Osborne y Freyberg (1991) asignan al proceso de planificación el constructo de *secuencia de enseñanza* mientras que en el contexto Alemán, Duit (1999) le asigna la denominación de *secuencia constructivista de enseñanza*, a razón, del desarrollo del proyecto Children Learning in Science, CLIS (Wightman et al., 1987); en tanto, que en el ámbito Iberoamericano entre algunos autores coexisten diversas acepciones e interpretaciones del constructo (Couso, 2010).

En el contexto Europeo, Lijnse (2000) considera la SEA como el contexto de investigación más relevante en una didáctica de las ciencias orientada a cambiar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Sugiere que la estructura de una SEA debe involucrar tres aspectos o niveles, sin excepción alguna: el contenido disciplinar o la lógica de la disciplina, el motivacional y el nivel de reflexión. Afirma que no solo depende del conocimiento científico a ser enseñado sino que también obedece al conjunto de variables que emergen del sistema educativo institucional en donde se practica. El propósito es despertar el interés en los estudiantes por el conocimiento científico a través

de la organización sistémica de las tareas o situaciones de enseñanza para garantizar la construcción de significados en el plano social en el aula.

Méheut y Psillos (2004) las catalogan como un instrumento dual, a la vez, objeto y producto; en cuanto han sido ampliamente estudiadas a través de múltiples proyectos y comunidades de investigadores desde décadas atrás y resultan de un proceso de investigación de diseño iterativo, extenso y complejo. Los autores la consideran como enfoques instruccionales inspirados en el campo específico de la investigación de diseño educativo con el fin de ayudar a los estudiantes a comprender el conocimiento científico.

En la misma línea, Tiberghien, Buty y Le Maréchal (2004), consideran que una SEA hace referencia a los contenidos y actividades de enseñanza asociados a las disciplinas científicas como la física, biología y la química en la escuela secundaria y, que son incluidas al interior de sendos documentos escritos siendo posible ser utilizados por ambos en el aula de clases para orientar la enseñanza y el aprendizaje. De ahí que, argumenten que el diseño de SEA debe incluir tres elementos: el conocimiento, el aprendizaje y la enseñanza, aspectos que subyacen específicamente en la epistemología, la psicología cognitiva, la didáctica y la pedagogía destacando la necesidad de considerar el contexto formal en que se desarrolla la enseñanza-aprendizaje y los artefactos¹⁹ que sirven de medio para llevar a cabo dichas actividades de enseñanza.

En el contexto Inglés, para la comunidad de Leeds y bajo el modelo de diseño de SEA de Amettler et al., (2007) una SEA es la planificación de la situación en la que el profesor asiste a los estudiantes en el proceso de enculturización en la ciencia escolar. Mientras que para Baumgartner, Bell et al., (2003) su diseño y validación son en sí, un contexto privilegiado de investigación educativa.

Entre la comunidad de investigadores y diseñadores en Iberoamérica parece no existir consenso y por ende aceptar cualquiera de estas denominaciones sin establecer distinción entre unidad didáctica, secuencia didáctica, secuencia de enseñanza constructivista o secuencia de enseñanza y aprendizaje. De hecho, algunos autores como Couso, en sus escritos, hace alusión a ellos sin al parecer encontrar distinción alguna (Couso en Caamaño, 2010, p.1). Es así como, Couso las define como el documento de planificación de las situaciones de enseñanza y aprendizaje correspondientes a un tema científico

¹⁹ El significado de artefacto para la investigación del diseño hace referencia al instrumento SEA.

concreto. Además de esto, una SEA tiene un sentido mucho más amplio, ya que, es la planificación de todo el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. De ahí, se deriva su importancia para el mejoramiento de la práctica docente y el aprendizaje de los estudiantes en el campo de las ciencias como ámbito en cuestión.

De otro lado, en México, Obaya y Ponce (2007 p.19) presentan el término de secuencia didáctica como un “modelo alternativo de enseñanza” que permite concretar todas las decisiones y justificaciones asumidas en otras instancias de planificación educativa de nivel macro, es el caso de proyectos curriculares que de alguna manera permiten comprender y practicar los procesos de enseñar y comunicar (Obaya y Ponce, 2007).

3.3 Un modelo de diseño de la enseñanza desde los aportes del grupo Leeds

La propuesta del Grupo Leeds (Leach, Ametller y Scott, 2002, 2007, 2009) desarrollados por la tradición inglesa es un modelo de diseño de enseñanza científica informada por resultados de investigación fundamentada desde la perspectiva constructivista social Vigotskianay neo-vigotskiana y a partir de ella, toma los aspectos más esenciales para contextualizarlos y presentarlos de una manera mucho más práctica para que los profesores o diseñadores puedan fundamentar sus decisiones de diseño del tópico específico a través de la creación de las herramientas de diseño (el concepto de demanda de aprendizaje y el enfoque comunicativo).

Son aspectos fundamentales del modelo de la SEA propuesto por Leach y Scott (2002) según Couso (2011, p. 64):

- Implica planificar que el punto de vista de la ciencia aflore en el plano social del aula, se trata de compartir con los estudiantes la forma de mirar, los conceptos y las convenciones propios del lenguaje social de la ciencia escolar para explicar y actuar, de forma plausible y útil, sobre los fenómenos conocidos.
- Planificación del apoyo a los alumnos en el proceso de internalización, es decir, planificar cuándo y cómo poner en común y; cuándo y cómo dar feed-back o regular la visión del alumno para facilitar el aprendizaje.
- Planificar las oportunidades de aplicación de lo aprendido por los estudiantes, esto implica un traspaso de responsabilidad del proceso de enseñanza y aprendizaje de profesores a alumnos.

Teniendo en cuenta los anteriores presupuestos, el problema e intereses de nuestra investigación tomamos la decisión explícita de asumir los marcos teóricos construidos por el grupo Leeds como elementos epistémicos los cuales iluminarían el diseño de la SEA elaborada a lo largo del estudio en cuestión. Algunas de las razones que justifican la elección de este modelo de diseño se sustentan de manera sucinta, en cuanto:

- Al consenso que tiene éste con las otras tradiciones y sus correspondientes modelos de diseño de la e-a, al considerar, las concepciones de los estudiantes como un principio de diseño relevante a ser tenido en cuenta al momento de la toma de decisiones curriculares e instruccionales por parte del diseñador o profesor. Así pues, las teorías intuitivas son consideradas por los autores como legítimas, y por tanto, éste asume una perspectiva sociocultural en la que pueden ser posibles dos lenguajes sociales “cotidiano y científico” y éstos ser utilizados con propósitos distintos y en diferentes contextos;
- A que el modelo de diseño del Grupo Leeds es el marco teórico que permite vincular el contenido científico a enseñar con las concepciones alternativas de los estudiantes a través de la herramienta de diseño de “Demanda de aprendizaje”. Así, éste permite construir las demandas de aprendizaje y los objetivos de enseñanza más coherentes con las necesidades de conocimiento que presentan los estudiantes frente a un contenido en particular.
 - A pesar que el modelo Leeds no tiene en cuenta de forma explícita, la motivación ni los intereses de los estudiantes por el aprendizaje de los contenidos científicos como lo hacen los otros modelos de diseño en la tradición Europea, ellos y otros autores afirman que cuando se diseñan actividades de e-a que tengan sentido y significado para los estudiantes (ej., seleccionando situaciones que describen y explican fenómenos cotidianos o problemáticas del entorno físico, social, cultural y ambiental; involucrándolos en los debates y discusiones en el plano social del aula en donde se negocien significados y maneras de significar de los conceptos e ideas científicas, y, asumiendo los diferentes clases de enfoque comunicativo que tengan en cuenta sus opiniones y pensamientos) se estaría contribuyendo en despertar el interés y la motivación por el conocimiento científico.
 - El Modelo de Leeds a través del instrumento de “Worked Example” es mucho más eficiente para apoyar la divulgación del diseño planteado, ya que, le permite al

profesor de manera minuciosa conocer qué tipo de interacciones verbales son las más apropiadas para promover la comprensión conceptual en los estudiantes. En este sentido, la herramienta de enfoque comunicativo proporciona un marco teórico y práctico para que él pueda conocer cuándo y por qué se deben explicitar las concepciones de los estudiantes usando un discurso -Dialógico-Interactivo-. Asimismo, es eficaz en el cómo introducir el lenguaje social científico usando un discurso -no interactivo-de autoridad- y, al mismo tiempo, ser capaz de examinar los dos lenguajes sociales a partir de un enfoque -Dialógico-no Interactivo-.

- El modelo de Leeds es mucho más específico en cuanto a la descripción del contexto formal de enseñanza (el currículo, el perfil de los profesores y estudiantes y las limitaciones institucionales).
- Proporciona a la comunidad de investigadores del diseño basado en la investigación, justificaciones detalladas de las intenciones de diseño en términos del contenido a ser enseñado. Es decir, en cuanto a cómo el diseñador o profesor se ocupa de éste y cómo éste debe ser puesto en escena a los estudiantes en el plano social del aula. Así pues, los expertos podrían fundamentar sus propuestas de diseño o juzgar su calidad y aplicabilidad. Adicionalmente, los autores escriben y publican en su idioma nativo, cuestión que facilita su análisis y comunicación con otros investigadores o profesores. De ahí, que este factor haya sido uno de los más relevantes para adoptar este modelo al diseño de la enseñanza del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

Así pues, consideramos pertinente el desarrollar de manera sucinta cada uno de los aspectos de los marcos del grupo de Leeds en la siguiente sección.

3.3.1 Marcos teóricos que fundan el diseño desde la perspectiva del Grupo Leeds: una perspectiva teórica sobre el aprendizaje

En las aulas de ciencias se ha identificado la dificultad que presentan los estudiantes para acceder a los diferentes tópicos del currículo de las ciencias. Así, en los comienzos de la década de los noventa los educadores de profesores de ciencias quienes trabajaban en Francia e Inglaterra tomaron la decisión de diseñar, implementar y evaluar secuencias de enseñanza con el propósito de ayudar a superar la ruptura entre la teoría y la práctica que se ha generado en el aula de ciencias y, de esta manera asistir a los estudiantes y a los profesores en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

En este sentido, a los anteriores grupos de investigación los subyacen marcos teóricos diferentes. Por ejemplo, el colectivo dirigido por Lyon asume como ejes fundamentales a las grandes teorías, tales como: la epistemología Bachelardiana y la perspectiva Vygotskiana sobre el aprendizaje; en tanto, al grupo Leeds lo fundamentan las grandes teorías sobre el realismo ontológico y la negociación de significados y formas de significar como instrumentos semánticos para darle sentido a los fenómenos naturales dentro de un contexto sociocultural (Ruthven, Laborde, Leach and Tiberghien, 2009).

El modelo de diseño de la enseñanza del grupo Leeds se estructuran según los autores en:

1. Las grandes teorías y los marcos intermedios sobre el aprendizaje. 2. Las herramientas de diseño didáctico: 3. El Design Brief y 4. El Worked Example.

3.3.1.2 Las grandes teorías y los marcos intermedios que fundamentan la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias

Para que el profesor obtenga orientaciones inteligibles y plausibles para enfrentar de manera eficiente la serie de problemas complejos sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje generados al interior del aula de ciencias, los autores han propuesto establecer un vínculo epistémico entre las grandes teorías sobre el aprendizaje, los marcos intermedios y las herramientas de diseño²⁰. Así pues, la interacción sinérgica entre estos marcos teóricos comenzó a direccionar la formulación, sustentación y desarrollo de los problemas que se han venido abordando al interior de la línea de investigación de los estudios de diseño de la enseñanza de tópicos específicos (Brown & Clement, 1991; Brown, 1992; Tiberghien, 2000; Design-Based Research Collective 2003, Cobb et al., 2003; Bell et al., 2004; Buty et al., 2004; DiSessa & Cobb 2004; Confrey, 2006, Van de Akker et al., 2006, 2007; Viiri, J. and Savinainen, A. 2008; Middleton, J., Gorard, S., Taylor, C. and Bannan-Ritland, 2008; Lijnse, 1995, 2000; Duit et al., 2005; Duit, 2006; Ruthven, et al., 2009).

Sin duda alguna, *las grandes teorías* derivadas de las diversas disciplinas del conocimiento han servido de referentes teóricos para fundamentar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en un nivel de detalle de grano grueso (Leach y Scott, 2008).

²⁰Estos elementos se desarrollarán de manera amplia y profunda en el cuerpo de conocimientos del marco conceptual de este estudio.

Entre ellas, la epistemología de la ciencia con los aportes de Hacking, la teoría del concepto de obstáculo epistemológico de Bahchelar, y, el realismo ontológico de Harré. Asimismo, la psicología educativa con los aportes de la teoría de la construcción de conocimiento de Piaget, la teoría sobre el aprendizaje significativo de Ausubel, y, la teoría del procesamiento de la información de Badeley, entre otros.

Es así, como estas teorías contienen un amplio compendio de orientaciones generales sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje que integradas desarrollan una perspectiva teórica concentrada en aspectos orientadores más detallados que determinan tanto las formas de concebir el aprendizaje de las ciencias; el cómo se logra dar sentido y significado al conocimiento científico escolar; las diversas maneras de hablar, actuar y pensar que aparecen en el plano social del aula, y, el papel del lenguaje, del profesorado y de los estudiantes en el proceso de enculturamiento de la ciencia escolar.

Así pues, desde la perspectiva psicológica, *la enseñanza* es concebida como la manera en que el profesor involucra e invita al estudiante a pensar, actuar y hablar en un nuevo lenguaje social de ciencia escolar, destacando el papel central de “mediador” en dicho proceso. De ahí, que autores como Bruner (1985) hayan destacado su labor bajo las siguientes líneas:

El proyecto de Vygotsky, consiste en encontrar el modo en que los miembros aspirantes de una cultura aprenden de sus tutores “los vicarios de su cultura”, la manera de comprender el mundo. Ese mundo, es un mundo simbólico en el sentido de que se compone de sistemas conceptualmente organizados, el cual, está regido por un sistema de creencias acerca de lo que existe, sobre cómo alcanzar los objetivos, sobre lo que debe ser valorado. No hay manera ninguna, en que un ser humano pueda dominar ese mundo sin la ayuda y la asistencia de otros, porque de hecho, ese mundo es de otros. (Bruner, 1985, p.32)

Asimismo, se destaca el contexto sociocultural en el que se desarrolla el proceso de aprendizaje. Para el grupo Leeds, “*la construcción de significados en el plano social*” se constituye en la gran teoría que soporta su enfoque, la cual, ha sido informada en un nivel de detalle de grano grueso. Por su parte, “*la perspectiva constructivista social sobre el aprendizaje de las ciencias en contextos formales*” desde el punto de vista Vygotskiano (Vygotsky, 1962, 1978, 1987) y Neo-Vygotskiano (Bakhtin 1981, 1986; Wertsch 1985; Scott, 1998; Scott et al., 2006b, 2006c; Driver et al., 1994b; Leach & Scott, 1999, 2003a, 2003b, 2008, entre otros) constituye el *marco intermedio* que sustenta su perspectiva teórica sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

En este sentido, los marcos teóricos que subyacen a la teoría del aprendizaje formulada por Vygotsky incorporaron la asunción de que la formación del pensamiento del estudiante está fuertemente influenciada por variables socioculturales, donde, el lenguaje en todas sus dimensiones es un mediador clave en la construcción del conocimiento. Este último, debe generarse a partir de la interacción de los planos social e individual. El primero, aborda el aspecto inter-psicológico o inter-mental, en tanto, el segundo toma en cuenta los elementos intra-psicológicos o intra-mentales del aprendizaje (Vygotsky, 1978).

De la misma manera, Bakhtin (1981, 1986) y Wertsch (1991), consideran que en la apropiación conceptual, los estudiantes son introducidos al lenguaje social científico, siendo éstos, capaces de utilizar las ideas, conceptos, esquemas y patrones de razonamiento que circundan el plano social. Estos autores aceptan, concebir *el aprendizaje* de las ciencias como “una nueva manera de aprender a hablar ciencia o sobre el mundo natural” (Lemke, 1990 p.1 citado por Abell y Lederman, 2007). Es así, como Wertsch (1991) hace un reconocimiento a las diferentes formas de funcionamiento inter-mental que ocurren en el plano social. En este sentido, desarrolla la idea de que todas las personas según la comunidad social a la que pertenezcan y para cumplir con fines específicos logran disponer de un lenguaje particular que ha sido construido a partir de las diversas maneras de concebir e interpretar el mundo. Así, éste emplea una variedad de recursos discursivos o prácticas semióticas para dar significado a los objetos y fenómenos del mundo material (Ruthven, et al., 2009). Estos tipos de lenguaje, representan el lenguaje social. De hecho, cada individuo cuenta con diversos tipos de lenguaje social que son utilizados en diferentes ámbitos de la sociedad. En particular, en el aula de ciencias convergen el lenguaje social cotidiano del estudiante (aquellas concepciones espontáneas que surgen de las interacciones sociales de su comunidad) y, el lenguaje social científico (construido por las comunidades científicas y personificado por el profesor de ciencias).

En efecto, el lenguaje social cotidiano al que están expuestos los estudiantes es un lenguaje permeado por su sistema de creencias, saberes culturales y personales, por tal motivo, presenta un carácter idiosincrático. Adicionalmente, su pensamiento está signado por reglas heurísticas intuitivas en el que se aprende de forma inconsciente a partir de las interacciones del día a día. Es general, difuso, informal y poco informado por enunciados proposicionales o formalismos matemáticos. Más aún, este lenguaje cotidiano requiere

del uso y apropiación de menores herramientas cognitivas con las que se interpretan los eventos físicos del mundo natural. Por tanto, requieren de un menor gasto cognitivo a la hora de construir modelos explicativos que conduzcan a la comprensión del mundo físico.

De otro lado, el lenguaje social científico presenta una naturaleza propia de la cultura científica, una comunidad social que se rige por principios, valores, patrones y esquemas formales de pensamiento que facilitan la construcción como la validación del conocimiento científico. Estos conocimientos, emergen como resultado de las interacciones sociales de una comunidad erudita que trabaja para construir modelos explicativos consensuados con el fin de interpretar algún aspecto del mundo físico. En efecto, este lenguaje social es gobernado por principios de orden epistemológico, ontológico y conceptual, los cuales, subyacen en el uso de conceptos, símbolos y proposiciones de tipo analógico, algebraico, con un alto nivel de abstracción (conceptos tales como fuerza, masa, velocidad, energía, temperatura, calor, entre muchos más). Sin embargo, a diferencia de la facilidad con que se puede adquirir el lenguaje social cotidiano se ha podido evidenciar que existen serias dificultades en el momento en que los estudiantes dan sentido al mundo material, pues, utilizan poco el lenguaje social de la ciencia. Por todo lo anterior, dicho lenguaje es mucho más difícil de incorporar a la estructura cognitiva de los individuos. No obstante, éste debe ser internalizado por todos a lo largo de la educación primaria y secundaria en las escuelas.

Ahora bien, la perspectiva Vygotskiana también hace referencia a las diferentes oportunidades que brinda el diseño de actividades de aprendizaje para que los estudiantes comiencen a movilizar su lenguaje social cotidiano hacia el lenguaje social científico. Por tanto, para los diseñadores de SEA's la trayectoria de aprendizaje de los conceptos, ideas, esquemas conceptuales y, prácticas científicas se alcanza a través de la negociación de significados y formas de significar (a nivel interpersonal e intrapersonal). No obstante, aspectos tan puntuales de la enseñanza y el aprendizaje de contenidos científicos específicos como los que se ilustran a partir de las subsecuentes preguntas (*¿Por qué es tan difícil que los estudiantes internalicen el modelo corpuscular de la materia?; ¿Qué estrategias de enseñanza deben ser asumidas para alcanzar los objetivos de enseñanza de contenidos específicos? por qué los gases no son concebidos como materia aunque acepten su existencia? ¿Qué demandas de aprendizaje ontológico, conceptual o epistemológico se deben enfrentar los estudiantes para superar sus diferencias con el*

lenguaje social científico?), no podrían tener respuesta desde marcos teóricos provenientes de las grandes teorías (Cobb et al., 2003).

Así pues, investigadores del diseño de la tradición Norteamericana y Europea han detectado la importancia de otros marcos explicativos más específicos que den cuenta del proceso de diseño. Es decir, que aporten directrices al diseño, implementación y evaluación de la SEA, y del mismo modo, proporcionen especificaciones detalladas de la toma de decisiones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de aspectos específicos del contenido. En consecuencia, se ratifica que estas teorías intermedias siguen siendo aún de alcance general lo que impide que maestros y diseñadores logren asumir aspectos muy concretos del diseño que permiten llegar al corazón de los problemas de la enseñanza y aprendizaje centrados en aspectos tan puntuales como el contenido, la evolución de las concepciones alternativas de los estudiantes, las estrategias de enseñanza y el contexto institucional. Por consiguiente, desde la perspectiva del grupo Leeds, un duplo de herramientas de diseño han sido creadas para abordar esta importante necesidad educativa.

3.3.1.3 Las herramientas de diseño de la enseñanza

El significado que le han dado Leach, Ametller y Scott, (2009) al término “herramienta de diseño” hace referencia a los conceptos que se basan en las perspectivas teóricas y, a los productos que resultan de la investigación empírica. Adicionalmente, éstas son consideradas un dispositivo teórico que vinculan la epistemología, psicología, pedagogía y la disciplina a la enseñanza y el aprendizaje de dominios científicos específicos.

De otro lado, Cobb et al., (2003) resalta la gran influencia que tienen las herramientas de diseño sobre el proceso de diseño ya que éstas se han establecido como marcos o aparatos con mayor poder explicativo que tratan de coordinar y contextualizar²¹ las perspectivas teóricas sobre la enseñanza/aprendizaje y, establecen un análisis minucioso del conocimiento específico. Así, el profesorado que asuma el rol de diseñador de SEA's se enfrenta al desafío de incorporar dichos marcos a su estructura cognitiva y/o sistema de conocimientos, creencias y valores, con el fin, de fortalecer la toma de decisiones curriculares e instruccionales sobre aquellos aspectos tan finos del diseño(ej., el abordaje

²¹Una ilustración para explicitar el significado de cómo se contextualiza los entornos de aprendizaje de un nivel de grano grueso a fino, es el diseño de una SEA para abordar la enseñanza de un tópico *disciplinar* concreto con estudiantes singulares y, en una *institución* particular.

y tratamiento de los contenidos; el enfoque de enseñanza; los entornos de aprendizaje; la estructura de la clase; la selección de estrategias pedagógicas, y, posteriormente el asegurar su buen funcionamiento en la práctica del aula (Leach & Scott, 2008; Tiberghien, 1996, 2000; Tiberghien, Vince & Gaidioz, 2009).

De acuerdo al modelo propuesto por Leach & Scott (2002) son dos las herramientas de diseño: la demanda de aprendizaje y el enfoque comunicativo.

- **La herramienta de demanda de aprendizaje para el diseño de SEA's en ciencias**

El concepto de demanda de aprendizaje se ocupa fundamentalmente en identificar la distancia que existe entre el lenguaje social cotidiano y científico con el propósito de establecer cuáles deben ser las rutas o trayectorias de aprendizaje posibles que deben emprender los estudiantes para que logren apropiar e internalizar el conocimiento científico que el profesor pone en escena en el aula de ciencias. De ahí, que el grupo Leeds conceptualice la demanda de aprendizaje como el conjunto de desafíos intelectuales con los que se enfrentan los estudiantes a lo largo de la trayectoria conceptual o proceso de internalización del aprendizaje de un contenido específico. En otras palabras, son las diferentes ideas, conceptos científicos y esquemas conceptuales que subyacen a la disciplina, los cuales, serían contruidos y desarrollados por los estudiantes a través de una serie de objetivos y actividades de enseñanza seleccionadas por el educador de profesores durante el diseño de la SEA. Ahora bien, hay que destacar que la herramienta de demanda de aprendizaje tiene como meta apoyar a los aprendices en la comprensión del currículo de las ciencias al lograr que se explicita y trabaje sobre el lenguaje social cotidiano para que éste evolucione hacia el lenguaje científico en el plano social y personal (Leach, et al., 2009).

En este sentido, los diseñadores o profesores asumen este marco teórico como un referente que iluminaría en primer lugar, el diseño del documento de *Design Brief*, y en segundo, el producto final del proceso de diseño: *la SEA o Worked Example* de un tópico científico específico.

- **El enfoque comunicativo: un instrumento de pensamiento y aprendizaje en el aula de ciencias**

Vale la pena destacar, la importancia que las teorías socioculturales Vygotskiana y Neovygotkiana le han atribuido al lenguaje y a la interacción social como ejes centrales del proceso de enseñanza y aprendizaje. De ahí, que éstos se vuelven imprescindibles y adquieren un carácter dinamizador al interactuar en el aula para acceder al conocimiento. Con respecto a una de las más infalibles expresiones de Wertsch (1991), él afirma, que “*el lenguaje constituye la caja de herramientas con la que se reestructura dicho conocimiento*”. No obstante, cuando las historias cotidianas de los estudiantes son compartidas en el plano social del aula desde una perspectiva constructivista sociocultural del aprendizaje éstas no pueden llegar a ser asimiladas o reconstruidas de manera reproductiva por los estudiantes. Por el contrario, para facilitar el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada del currículo de las ciencias se requiere de todo un proceso constructivo de dar sentido y significado al lenguaje social científico en el que intervienen el lenguaje y la interacción dialógica entre el profesor y los estudiantes (Scott et al., 2006).

Por lo tanto, la comunidad de Leeds ha desarrollado un enfoque analítico que ha concedido un tratamiento especial a los recursos discursivos, tales como: la caracterización de la aproximación comunicativa, los patrones discursivos y la intervención del profesor, constructos que resultan ser muy útiles a la hora de gestionar el discurso científico y promover la interacción social en el aula de ciencias. Dicha perspectiva, se ha materializado en una herramienta de diseño desarrollada por Mortimer & Scott (2003) y Scott & Asoko (2006) con la pretensión de contribuir al desarrollo de un marco teórico más explícito que permitiera planificar y orientar cómo el profesor interactúa con los estudiantes en el plano social del aula. De hecho, los autores plantean la siguiente máxima a favor de los anteriores presupuestos: “*a medida que las concepciones alternativas son exploradas, las historias científicas deben ser introducidas, apropiadas e internalizadas por los estudiantes en el aula de ciencias*” (Leach & Scott, 2003).

Según lo anterior, el enfoque comunicativo como herramienta de diseño asociada al enfoque de demanda de aprendizaje, cumple la tarea de cristalizar los anteriores elementos teóricos a partir de un conjunto de Worked Example cuya intención sería la de

incorporar todos los aspectos de la perspectiva sociocultural del aprendizaje en el aula de ciencias (Ametller et al., 2005). De ahí, que sea clave describir los tipos de discurso que el profesor puede utilizar en el aula con los estudiantes, así como, el de relacionarlos de manera coherente con los objetivos de enseñanza. De este modo, se lograría alcanzar cada una de las demandas de aprendizaje de un contenido científico y avanzar en la construcción de la comprensión conceptual de los estudiantes.

▪ **Caracterización de la aproximación comunicativa**

La comunicación verbal que se establece en el aula se encuentra enmarcada en dos dimensiones. La primera, destaca el nivel de *interactividad* del discurso representado como interactivo y no interactivo. En este sentido, un discurso es interactivo cuando participan en su elaboración el profesor y los estudiantes, y, será no-interactivo, cuando participa un único miembro de la comunidad social (estudiante-estudiante o profesor). La segunda, responde al *tipo de discurso* que se pone en interacción en el aula de clase. Este puede estar representado a través de dos tipos, a saber, Dialógico y de Autoridad. Un discurso es dialógico cuando se da consideración a los lenguajes sociales cotidiano y científico. Mientras, que es de autoridad, cuando, el profesor o el estudiante consideran únicamente el lenguaje social científico.

Para Scott, Mortimer y Aguiar (2006) es crítico conocer el grado en que los lenguajes sociales son reconocidos y valorados por el profesor durante el desarrollo del discurso comunicativo en el aula. Dichos autores, hacen uso del concepto de *interanimación* propuesto por Bakhtin (1991). Desde esta perspectiva, un bajo nivel de interanimación resulta cuando los estudiantes explicitan el lenguaje social cotidiano en ausencia del discurso interactivo-dialógico en el que el profesor apoya el debate y la contrastación de los mismos. En consecuencia, ambas historias serían simplemente introducidas y encuadradas en el plano social del aula casi que de manera impersonal. Entre tanto, un alto nivel de interanimación ocurre cuando además de poner en escena las historias cotidianas y científicas, éstas también son exploradas, compartidas, examinadas y contrastadas por los estudiantes y el profesor (Rojas, 2011).

Teniendo una descripción detallada de las dos dimensiones de la comunicación verbal que puede ser establecida en el plano social del aula de ciencias, en el siguiente apartado, se

explicita la función que desempeña cada uno de los enfoques comunicativos formulados por los autores.

- **Función de los diferentes enfoques comunicativos en el aula de ciencias**

El discurso dialógico, cumple con la función de explorar significados que están inmersos en ambos lenguajes sociales, el cotidiano de los estudiantes y el científico representado por el profesor. En efecto, éstos pueden ser expuestos, debatidos y compartidos por el profesor y los estudiantes a través del discurso interactivo. De ahí, que este sea utilizado por el diseñador o profesor como el que da el inicio a la trayectoria conceptual que empiezan a recorrer los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

Así, *el discurso interactivo* tiene el propósito de dar oportunidad para que tanto el lenguaje social cotidiano como el científico sean introducidos, compartidos, discutidos y finalmente, contrastados por ambos actores (estudiante y profesor) durante la fase de puesta en escena de la historia científica en el plano social del aula. Entre tanto, *el discurso no interactivo*, es utilizado tanto para favorecer la explicitación y comparación de los lenguajes social cotidiano y científico entre un solo miembro de la comunidad social (estudiante o profesor) como también, para dar apoyo a la internalización de las ideas científicas durante la fase de traspaso de responsabilidad del proceso de enseñanza/aprendizaje de profesor a estudiante, dos fases esenciales del proceso constructivo del conocimiento científico escolar. *Mientras que el discurso de autoridad* está dado, para que el profesor en calidad de ser la “*autoridad*” y como tutor-vicario²² de la cultura científico escolar, sea el responsable de introducir y promover el lenguaje social científico en el plano social del aula.

De ahí, que la relación de estas dos dimensiones (nivel de interactividad y el tipo de discurso) ha permitido establecer cuatro tipos de “*enfoques comunicativos*” con los cuales se puede describir cualquier evento discursivo en el aula de ciencias. Estos cuatro tipos de combinaciones serán tratadas de manera breve, en el siguiente apartado.

²²Esta expresión se ha construido para hacer referencia a que el profesor es considerado un tutor del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en el plano social del aula y es, a la vez, vicario de la cultura científico escolar, es decir, es sujeto de autoridad cuando presenta el lenguaje científico escolar.

▪ Tipos de patrones discursivos y la intervención del profesor

La herramienta de enfoque comunicativo además de brindar un marco sobre cómo caracterizar los aspectos del discurso del profesor, también, permite esbozar los tipos de discurso que mejor se acoplan a los objetivos de enseñanza planteados por el diseñador o profesor. A continuación, se explicitan los cuatros tipos de combinaciones discursivas con los que interactúan profesor y estudiantes en el plano social del aula de química y adicionalmente, se trazan algunas orientaciones a cerca de los periodos y tiempos más apropiados para lograr una comunicación efectiva (ver anexo 2). Este proceso es de carácter dinámico e iterativo, de ahí, que el profesor y los estudiantes transiten lo largo de los diferentes elementos discursivos, estrategias y situaciones de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, parece razonable plantear que el aprendizaje en el aula se ve maximizado al conseguir algún tipo de balance entre el discurso de autoridad y el discurso dialógico intentando que éste se mantenga en un ritmo adecuado (Mortimer, 1998; Mortimer & Scott, 2002; Scott 1997,1998). Este punto de vista, puede ser esclarecido más fácilmente con la idea de abrir y cerrar el discurso (Scott, Mortimer y Aguiar, 2006; Scott et al., 2006; Ametller et al., 2007). Habitualmente, la trayectoria de aprendizaje inicia cuando se da apertura (input) al discurso *dialógico-interactivo y/o dialógico-no interactivo* y, finaliza con el discurso *–interactivo y/o no interactivo de autoridad–*. Así, cuando se introduce la historia científica ésta debe ir acompañada por una situación de (e-a) que brinde la oportunidad de explorar el lenguaje social cotidiano del estudiante y, luego permita que el profesor contraste ambos lenguajes sociales (cotidiano y científico). Finalmente, para dar cierre (output) al discurso el profesor utilizaría un discurso *interactivo o no interactivo-de autoridad* para declarar que el lenguaje social científico es el marco interpretativo más potente para interpretar los fenómenos y objetos del mundo natural.

3.3.2 El Design Brief

El Design Brief es el instrumento a través del cual se vinculan las perspectivas teóricas sobre la enseñanza y el aprendizaje de contenidos específicos con la práctica del maestro en el aula de ciencias. Éste se encuentra informado tanto por las grandes teorías, los marcos intermedios, las herramientas de diseño como por el conocimiento profesional del profesor(ver figura 4-1 p.77)Además, ha sido considerado por la investigación educativa como un documento relevante en el ámbito del diseño ya que permite establecer y

comunicar conocimiento válido y útil a cerca de la enseñanza y el aprendizaje de contenidos concretos en ciencias. De esta manera, puede ser utilizado por otros diseñadores o profesores de ciencias como un material instruccional que pretende maximizar la enseñanza y el aprendizaje de los tópicos del currículo de las ciencias. De ahí, que se haya constituido en un fuerte instrumento epistémico de toma de decisiones curriculares e instruccionales que paulatinamente va transitando por cada uno de los aspectos más relevantes de las especificaciones del diseño de la enseñanza desde un nivel de detalle de grano grueso a un nivel de tratamiento del contenido específico cada vez más fino (Leach & Scott, 2008).

Naturalmente, el Design Brief desde el marco teórico que sustenta esta perspectiva (Leach, Ametller & Scott, 2009), tiene como propósito fundamental comunicar a investigadores y profesores de ciencias todos los aspectos relacionados con la enseñanza de un contenido científico particular, en especial, aquellos que inciden sustancialmente en el aprendizaje de los estudiantes. Según esto, se considera que el Design Brief hace explícitas las intenciones y decisiones de diseño justificándolas de manera argumentada, cuestión, que no ha sido abordada en otras tradiciones del diseño de SEA's. Esta explicación, sirve como una fuente de referencia para investigadores y otros durante el diseño de nuevos entornos de aprendizaje permitiéndoles fundamentarse en él, adaptarlo a su contexto particular o, simplemente, juzgar su validez. Adicional a esto, es un artefacto potente para comprobarlas hipótesis planteadas por ellos durante la fase de implementación y evaluación del diseño. Así pues, el diseño instruccional trata tres aspectos principales de las especificaciones del diseño de la enseñanza, a saber: (1) el contexto singular, (2) el planteamiento de los objetivos de la enseñanza de contenidos específicos y (3) la secuenciación de los contenidos científicos a ser enseñados y las estrategias pedagógicas. Cada uno de sus elementos constitutivos se describe a continuación.

Sección 1: Descripción del contexto específico de enseñanza y aprendizaje de contenidos específicos

Este tipo de estudios sobre el diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje de los tópicos del currículo de ciencias, sin duda alguna, son desarrollados por equipos de investigadores a través de proyectos de investigación o en trabajos de doctorado. De ahí, que el diseñador o profesor generalmente cuando diseña una SEA de un tópico concreto

es ajeno al contexto específico de la institución educativa. Por tal motivo, los diferentes supuestos tácitos que éste tiene acerca de la enseñanza y el aprendizaje de un tópico particular no serían aplicables en cualquier institución. Así, la primera sección del Design Brief tiene en cuenta los aspectos más relevantes del contexto que deben ser tenidos en cuenta con la intención de que diseñadores o profesores al analizar el diseño en cuestión, puedan hacer juicios de su aplicabilidad en otros contextos bien sea para adaptarlos o para invalidarlos.

Esta primera parte del desarrollo del Design Brief es el único apartado que no ha de estar informado por las perspectivas teóricas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Por el contrario, esta sección debe estar fundamentada explícitamente por el conocimiento práctico del profesor en la realidad de su contexto de enseñanza. Así pues, el diseñador o profesor para lograr establecer y comunicar conocimiento acerca del diseño de la enseñanza y el aprendizaje de contenidos científicos tendrá que describir los elementos contextuales que son singulares a su institución educativa. Por tanto, esta primera sección del Design Brief formula y luego da respuesta a interrogantes que tienen que ver con el currículo estatal e institucional, los estudiantes, los profesores y las limitaciones institucionales. A continuación se describen de manera sucinta cada uno de ellos:

- ***El currículo estatal e institucional:*** ¿Cómo las orientaciones curriculares establecidas por el Estado se recogen en la propuesta curricular en ciencias naturales de la institución educativa?, ¿Qué exigencias o requisitos son impuestos por las políticas estatales e institucionales?, ¿Cómo se gestiona y organiza el aula de química?, ¿Cuál es la temática a enseñar, y cómo se caracteriza ésta en el currículo?, entre otras.
- ***Los estudiantes:*** ¿Cuáles son los antecedentes socioculturales de los estudiantes?, ¿En qué rango de edad se encuentran los estudiantes?, ¿Hay alguna característica de las expectativas de los estudiantes de las clases de ciencias que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la enseñanza?, ¿Cuáles son las dificultades y limitaciones que presentan los estudiantes para el aprendizaje de los tópicos del currículo de la química?
- ***Los profesores:*** ¿Son los profesores especialistas en la enseñanza de la química?, y si no lo son, entonces, cuál es su formación disciplinar?, ¿Hay alguna

característica de la experiencia de los profesores, o, de las expectativas de las clases de química, que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la enseñanza?

- **Las limitaciones institucionales:** ¿Cuál es el número de estudiantes por salón? ¿Qué recursos curriculares están disponibles? ¿Cuál es la intensidad semanal para la enseñanza de las ciencias y, en particular de la química?

Sección 2: Especificación de los objetivos de enseñanza del contenido específico

En esta sección, el profesor o diseñador especifica y, al mismo tiempo justifica la toma de decisiones frente al contenido que va a ser presentado en el plano social del aula de ciencias. Dicha decisión debe estar informada por la herramienta de diseño “Demanda de aprendizaje”. Ésta permite hacer un análisis en profundidad y extensión a las diferencias entre los lenguajes sociales cotidiano y científico, las cuales, se encuentran enmarcadas en términos de los aspectos epistemológicos, ontológicos y conceptuales de éstos.

Vale la pena destacar, que la información que de éstos se recoge está dada a partir de la evidencia. En este sentido, el lenguaje social cotidiano susceptible de ser utilizado por los estudiantes se ha tomado de las investigaciones que han sido publicadas previamente sobre las concepciones alternativas, las dificultades y los obstáculos más frecuentes con los que cuentan los estudiantes en determinado rango de edad y nivel de escolaridad. Ahora bien, el lenguaje social científico que será introducido a través de la enseñanza es extraído de los documentos oficiales, tales como, el plan de estudios, el PEI del contexto singular y, de la selección de una muestra representativa de los principales libros de texto universitarios y de secundaria en nuestro país, como también, de la revisión de documentos curriculares de otros países como Estados Unidos, Inglaterra y España²³.

Así, en esta sección del Design Brief se ha ubicado en la primera columna, una descripción detallada del currículo proporcionando aspectos claves sobre el contenido específico que se va a enseñar. Adicionalmente, se especifican las posibles inconsistencias u omisiones que el diseñador o profesor ha detectado al hacer el análisis a dichos documentos en términos de la estructura del contenido. Seguido y en la siguiente columna, se especifican las principales concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes al aula acerca del tópico en estudio. De este modo y en la siguiente columna, el diseñador tendrá que esclarecer cuáles son las diferencias epistemológicas, ontológicas

²³Se revisaron los documentos curriculares de EE.UU (progresiones de aprendizaje), Inglaterra (QCA) y España (Reformas de la ESO).

y conceptuales de ambos lenguajes sociales determinando y clasificando la naturaleza de las mismas.

Finalmente, al analizar las demandas de aprendizaje el diseñador o profesor define en la última columna de esta sección, un conjunto de objetivos de enseñanza a través de los cuales él atenderá explícitamente dichas demandas. Naturalmente, llevar a cabo este análisis resulta ser una tarea compleja y no cabe la posibilidad de establecer una relación algorítmica simple entre concepciones, demandas y objetivos. Por el contrario, una concepción alternativa puede ser atendida por una o varias demandas, asimismo, estas últimas las puede asistir uno o varios objetivos de enseñanza. De otro lado, las concepciones alternativas de los estudiantes singulares pueden llegar a ser análogas, o en su defecto, distanciarse un poco de los resultados basados en la evidencia empírica. Así, en el grupo clase pueden converger una gran parte de las concepciones referenciadas en la literatura o solo algunas de ellas. Lo relevante del asunto es que el diseñador o profesor las especifique en el documento de *Design Brief* para que al momento de la fase de implementación éstas sean explicitadas y, contrastadas con el lenguaje social científico con la intención de diseñar el mejor corredor conceptual con el que los estudiantes podrán recorrer satisfactoriamente la trayectoria conceptual de los tópicos científicos seleccionados.

Sección 3. Secuenciación del contenido y especificación de estrategias pedagógicas.

Vale la pena destacar, que esta sección se divide en dos aspectos fundamentales para el diseño de la SEA. El primero, especifica y justifica la secuenciación del contenido a enseñar y el segundo, especifica las estrategias pedagógicas que van a ser utilizadas durante el proceso de e-a del tópico en cuestión. A partir de ellas, los objetivos de enseñanza serán abordados. Ahora bien, la secuenciación del contenido se basa en términos de los marcos teóricos que subyacen a: (a) la perspectiva constructivista sociocultural del aprendizaje en contextos formales (Leach & Scott, 2003), (b) las herramientas de diseño: la demanda de aprendizaje y el enfoque comunicativo (Leach y Scott, 1995, 1999, 2000, 2002; Leach, et al., 2003, 2008; Mortimer et al., 2002; Scott, 1997, 1998; Scott, Hind, Leach and Lewis, 2006) y (c) los marcos de la psicología cognoscitiva (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Chi et al., 1994; Gómez Crespo, 2006) y la pedagogía general (Abell et al., 2010). De ahí, que la secuenciación del contenido a enseñar se justifique según los siguientes tres aspectos claves:

- ***La estructura epistemológica del conocimiento disciplinar*** para lograr explicar por qué las ideas o conceptos deben ser cuidadosamente secuenciados unos antes que los otros.

- ***El análisis de las demandas de aprendizaje***. Este nos permite evidenciar cuáles son las diferencias entre el lenguaje cotidiano y el científico, las cuales, dificultan la comprensión conceptual de las grandes ideas. Adicionalmente, su estudio permite explicar por qué algunos aspectos del contenido tienden a causar dificultades y generan obstáculos en el aprendizaje de los estudiantes. Finalmente, este análisis indica cómo estos aspectos deberían ser abordados en la enseñanza.

- ***El uso apropiado de la herramienta de diseño “enfoque comunicativo”***. A partir de este marco el diseñador o profesor toma decisiones acerca de cuál es el tipo de enfoque discursivo que será utilizado por el profesor en función de los objetivos de enseñanza del contenido específico. Esta descripción se detalla a lo largo de cada una de las actividades de enseñanza diseñadas en la SEA del tópico específico.

La segunda parte de esta sección, hace referencia a la especificación y justificación de las estrategias pedagógicas en un nivel de detalle cada vez más fino. Así pues, para desarrollar una lección el diseñador debe asumir diversos enfoques o estrategias de enseñanza con las que trabajar en el conocimiento científico. Asimismo, cumplen la función de abordar cada uno de los objetivos de enseñanza del contenido específico. En este sentido, la selección de estrategias pedagógicas no solo deben alcanzarlos objetivos generales de diseño, sino, los objetivos de enseñanza del tópico en cuestión (Amettler et al., 2007).

Las estrategias pedagógicas que han sido seleccionadas hacen parte del análisis a los marcos generales y específicos de la pedagogía tomados de sólidos referentes de la literatura de la tradición anglosajona e inglesa. Igualmente, se hizo el análisis a documentos provenientes de la didáctica de las ciencias en Iberoamérica. Por tanto, estamos de acuerdo con Leach & Scott, (2000, 2002) en que existe un rango bastante limitado de estrategias pedagógicas que puedan ser utilizadas para hacer frente a los objetivos de enseñanza planteados para el tópico específico. Desde luego, estas han sido descritas y justificadas en el Design Brief (ver p. 178).

Finalmente, el modelo de diseño de la enseñanza del Grupo Leeds invita a los diseñadores a la construcción de una SEA o Worked Example, el cual, se implementaría en el

contexto singular de enseñanza. Este producto de diseño de la enseñanza desde esta perspectiva es justificado a través de los resultados arrojados al final del ciclo iterativo de implementación y evaluación de dichos estudios. Así, éstos han permitido evidenciar que la calidad del diseño se ve minimizada cuando la enseñanza no ha sido consistente con las intenciones del diseñador ni con la experiencia profesional del profesor.

Ahora bien, el Design Brief es un documento en el que plasma la toma de decisiones del diseñador frente a la enseñanza y el aprendizaje de un tópico científico concreto, a través de él, se establece y comunica conocimiento de un entorno de aprendizaje singular. No obstante, la selección y especificación de los principios que orientan el diseño de la secuencia de actividades E-A, y, los modos en que el profesor debe abordarlos en el aula de clase hace parte del desarrollo de la SEA o Worked Example el cual traduce en un *formato enseñable*, todas las intenciones y decisiones del diseñador o profesor de ciencias.

3.3.3 El Worked Example

El segundo producto que se obtiene en la fase de diseño de la enseñanza de contenidos específicos bajo el modelo de diseño de la enseñanza del Grupo Leeds, es catalogado como el *Worked Example*. Este, presenta una secuencia de actividades de enseñanza-aprendizaje organizadas por lecciones con las que se pretende desarrollar la trayectoria conceptual del aprendizaje del tópico específico. El cual, ha sido diseñado para incorporar y, al mismo tiempo cristalizar la toma de decisiones curriculares e instruccionales en un formato enseñable que recoge cada uno de los principios orientadores claves que están direccionando el diseño de la enseñanza y el aprendizaje de contenidos específicos a lo largo de las últimas dos décadas. De hecho, la articulación de dichos principios lo convierte en un instrumento eficaz para alcanzar el cambio conceptual (Lijnse, 2000; Kali, 2008).

De ahí, que este instrumento metodológico se convierte, en primera lugar, en una guía clave para el profesor, ya que, le permite disponer de su personalidad, habilidades y conocimiento profesional para crear, adaptar o innovar en el diseño de situaciones de aprendizaje de un tópico concreto. En segundo, consolida las relaciones con sus estudiantes cuando hace uso del lenguaje y el pensamiento a través de la combinación de las dos dimensiones de la caracterización discursiva. En tercer lugar, apoya la

comunicación entre diseñadores y profesores, elemento cardinal para el desarrollo de los estudios de diseño que desde este modelo plantea establecer una comunicación activa entre diseñadores y profesores posibilitando ampliar el espectro de cómo lograr que el diseño de SEA's de tópicos específicos llegue a ser más potente y sofisticado para abordar con mayor consistencia las intenciones y decisiones de diseño planteadas en el Design Brief, y de esta manera, lograr maximizar la comprensión conceptual de los estudiantes.

De este modo, el Worked Example de la gran idea de la naturaleza corpuscular de la materia, presenta las siguientes características de diseños según Leach et al., (2010):

- **Los principios de diseño** de la enseñanza se describen en forma general al inicio del documento y, después, estos se especifican para cada una de las actividades de enseñanza-aprendizaje en cada lección. Estos principios son: objetivos de la enseñanza, resultados de aprendizaje, tipo de interacción dialógica, gestión del aula, evaluación formativa y, ¿qué sucede con esta actividad? Finalmente, se presenta al profesor, las actividades de e-a a desarrollar en el aula de química, con una detallada descripción de cómo tratar dichos tópicos. Con estos principios orientadores, se pretende maximizar la probabilidad de que los maestros se acoplen con la lógica de diseño, al mismo tiempo, que los prepara para enseñar el contenido específico.
- **Introducción.** Esta recoge: el estándar básico por competencia, los esquemas conceptuales, el objetivo general del área en la institución educativa singular y la metodología adoptada para abordar las historias científicas.
- **Las historias científicas** en cada lección se describen cada una de las ideas, conceptos y esquemas conceptuales a enseñar y aprender por parte de los estudiantes.
- **Realzar el enfoque comunicativo dialógico-interactivo**, a través del cual, se explora el lenguaje social cotidiano de los estudiantes y, se pone en escena el lenguaje social científico. Este se destaca a través de cuadros que incorporan imágenes iconográficas para representar los (4) tipos de enfoque comunicativo que utiliza el profesor en el aula de ciencias para alcanzar los objetivos de enseñanza de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia.
- **Usar el conocimiento pedagógico del contenido específico.** Es decir, tener el conocimiento de las múltiples dificultades que presentan los estudiantes a la hora de apropiarse del lenguaje de la ciencia, y, encontrar las maneras posibles de superarlas.

3.4 Principales concepciones alternativas de los estudiantes a cerca del núcleo conceptual de la materia.

Indagar y trabajar en el lenguaje social cotidiano del estudiante es un aspecto clave a tener en cuenta en la práctica del diseño de ambientes de aprendizaje que intentan alcanzar la comprensión conceptual e integrada de los tópicos del currículo de las ciencias. De hecho, el modelo de diseño de la enseñanza lo contempla como una de las decisiones que debe asumir el diseñador para conseguir que en el aula de ciencias, éstas logren ser tanto exploradas y explicitadas como reconocidas por profesores y estudiantes para que estas se vuelvan conscientes para los estudiantes y el profesorado; Así, éstas podrán evolucionar hacia el lenguaje social científico. A continuación, se presenta una breve descripción del conocimiento y de los modelos intuitivos del estudiante sobre la estructura de la materia en la educación secundaria:

- La noción corpuscular o discontinua de la materia es de naturaleza contraintuitiva, que pese a la enseñanza es difícil de ser asumida por los estudiantes. Investigaciones han evidenciado que los mismos aceptan la existencia de partículas, no obstante, éstas son consideradas “entes físicos o materiales” a los que le atribuyen propiedades como color (Albanese y Vicentini, 1997), densidad, peso, brillo y maleabilidad (Ben-Zvi, Eylon y Silberstein; 1986). De hecho, recurren a respuestas en las que describen el fenómeno a partir de las propiedades macroscópicas de la materia más próximas a las dimensiones físicas del mundo real, frente a las microscópicas del modelo corpuscular.
- Los estudiantes tienden a explicar los fenómenos submicroscópicos a partir de su experiencia macroscópica y no al contrario como debería ser (Ben-Zvi, Eylon, y Silberstein, 1986; Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991; Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 1999).

Nussbaum (1985); Llorens, J.A (1988) y Gallegos y Garritz (2003) en sus diferentes estudios afirman que los estudiantes entre 17 y 18 años no conciben la existencia de vacío. Los estudiantes en un alto porcentaje consideran que las partículas permanecen en contacto y que no hay espacio vacío entre ellas (Griffiths y Preston, 1992). En consecuencia, este modelo híbrido produce una falta de indiferenciación entre el mundo macroscópico y el submicroscópico (Gómez Crespo, 1996; Novick y Nussbaum, 1978).

Los estudiantes para explicar el cambio químico utilizan explicaciones derivadas de una percepción continua y estática de la materia (Andersson, 1991).

Brook, Briggs y Driver (1984), en su estudio tuvieron como hallazgos que:

- Alrededor de uno de cada cuatro estudiantes dieron respuestas que no incluían un modelo explicativo basado en la existencia de partículas.
- Más del 50% de los estudiantes empleaban el concepto de partícula sin necesariamente comprender aspectos adicionales del modelo.
- Uno de cada cinco estudiantes daba respuestas parcialmente completas basadas en los modelos aceptados científicamente a cerca de las partículas (esta proporción se incrementaba a uno de cada tres para los alumnos que habían cursado física o química).
- Al menos uno de cada tres alumnos utilizaban ideas alternativas sobre las partículas (concepciones mixtas), como que las partículas se expanden y se contraen, que las partículas se vuelven calientes al calentar el material, o, inclusive, que las partículas se comportan como seres animados.

Por su parte, Griffiths y Preston (1992) indagaron a estudiantes canadienses de grado 12, con la intención de determinar su comprensión acerca de los tópicos de moléculas y átomos, evidenciando las siguientes cinco categorías de concepciones alternativas:

- Las moléculas son mucho más grandes de lo que ellas probablemente parecen.
- Las moléculas de la misma sustancia pueden variar en tamaño.
- Las moléculas de la misma sustancia pueden cambiar de forma en las diferentes fases.
- Las moléculas tienen diferentes pesos en las diferentes fases.
- Los átomos poseen vida.

Otros estudios más optimistas como el de Barker (2000) con el proyecto CLIS (1987) informan que más de la mitad de los estudiantes entrevistados, usó ideas corpusculares de manera consistente como respuesta a un amplio intervalo de preguntas que cubrieron los estados sólido, líquido y gaseoso. En otro estudio realizado con estudiantes de 11-14

años, se encontró que después de dos años de intervención, la mayoría de ellos cambiaron sus ideas al modelo corpuscular de la materia, incluyendo aspectos científicamente correctos.

3.5 La necesidad de crear un modelo teórico para explicar las propiedades y transformaciones de la materia.

La humanidad por generaciones siempre ha intentado comprender el mundo que los rodea. Así, a lo largo de la historia desde las primeras escuelas filosóficas hasta nuestros días se ha tratado de encontrar explicaciones cada vez más profundas al por qué de las cosas, a buscar un significado más complejo de la naturaleza, comportamiento y transformaciones de la materia. De ahí, que se hayan desarrollado modelos interpretativos que intentan describir o representar por medio de códigos simbólicos o matemáticos los fenómenos de la naturaleza con los que interactúa cotidianamente; los que provienen del desarrollo tecnológico; o, los avances científicos que día a día nos proporciona la investigación en ciencias. En un proceso constante de profunda indagación y reflexión sobre los fenómenos los que han dado lugar a la construcción de diversas perspectivas teóricas que poco a poco le han permitido una visión más clara y consistente de la naturaleza y la materia, entre ellas, los múltiples estudios sobre el acontecer del desarrollo de la *teoría cinético molecular* que ha brindado una nueva imagen del mundo que siglos atrás era difícil de aceptar.

3.5.1 La consolidación de una teoría cinético molecular actual de la materia: Dos escuelas filosóficas y dos maneras de representar el mundo.

Tras surgir un trascendental cambio del pensamiento humano en la antigua Grecia durante el siglo V a.c. las ideas sobre la naturaleza, la enfermedad y la composición de las cosas estaban centradas en dos corrientes de pensamiento filosófico yuxtapuestas: la escuela filosófica de Heráclito que consideraba que el universo era siempre cambiante y en consecuencia, nada permanecía igual. Mientras que los seguidores de Parménides afirmaban que contrario a la realidad aparente nada cambia, todo permanece constante. Es allí cuando favorablemente aparecen Leucipo y Demócrito, para apoyar y defender de manera contundente la visión corpuscular de la materia que se adheriría a la escuela de Heráclito y sus seguidores. Así pues, los atomistas quizás empezaron a ganar la batalla al pensamiento que se representaba a través de una imagen perceptible que más adelante iba a ser denominada como el sustancialismo.

Para Leucipo y Demócrito de Habdera la materia estaba formada por unidades infinitas de corpúsculos que denominaron átomos, los cuales, no se podían ver y sin embargo, se presumía que presentaban movimientos perpetuos. Así, tras su movimiento constante estos debían estar embebidos en un espacio en el que no había nada más que vacío, en donde estos podían colisionar para dar origen a nuevas maneras de organización entre ellos y, formar todas las cosas. De esta manera, los filósofos atomistas lograron explicar por muchos años, la materia y sus cambios. Ellos aceptaron la naturaleza invariable, indivisible e indestructible del átomo proveniente de la corriente de Parménides, así pues, el desarrollo de una teoría atomista se convertía en una verdadera revolución paradigmática del pensamiento humano, la cual, tendría mucho por explicar acerca de los fenómenos del mundo macroscópico.

Para el siglo (V a.c.) era evidente la poca aceptación de una concepción atomista por parte de los seguidores de Parménides. Así, Aristóteles formulaba que la materia era continua, aunque, él mismo aprobara que los elementos fuesen los constituyentes básicos de la materia. Adicionalmente, incluía dentro de sus presupuestos la idea de que los elementos se combinaban entre sí, aunque, esto no implicara la unión de átomos, sino, más bien, una mezcla de cualidades en distinto nivel (Leicester, 1967). Desde luego, aunque nos enfrentábamos a una concepción más próxima a la realidad de los objetos, ellos no estaban dispuestos a asumir una teoría atómica y mucho menos a aceptar la idea de vacío, pues ésta produciría efectos letales a la idea de movimiento intrínseco, y sin ella, no sobrevendría la tan anhelada revolución paradigmática.

Dicha teoría Aristoteliana se entretendió con las consistentes ideas teológicas del cristianismo, las cuales, conllevaron a que la idea de continuidad prevaleciera hasta la época del Renacimiento por encima de las ideas de vacío y movimiento. La supremacía del pensamiento de Aristóteles tendría como adeptos a todo un continente Europeo que creía mas en las teorías creacionistas del universo y poco o nada creía en las ideas impías del atomismo, las cuales eran desarrolladas por los filósofos griegos; entre ellos, Tito Lucrecio Caro en el siglo I. De ahí, que uno de los más grandes avances del siglo XV, apareció con la creación de la imprenta la cual permitió que reapareciera la maravillosa obra (*De rerum Natura*) que habría de desencadenar más adelante, un sinnúmero de teorías corpusculares. Más allá de los presupuestos y construcciones teóricas se empezaba ya a vislumbrar por parte de la comunidad erudita un fuerte interés en una aproximación por la observación y los procesos empíricos de experimentación. De hecho,

especulaciones, tales como, la existencia de espacios vacíos entre partícula y partícula tendrían que en adelante, estar soportadas por los hallazgos empíricos en los que se circunscribieron muchos estudios de la época (Barrow, 2000).

3.5.1.1 En búsqueda de las observaciones experimentales que aportarían al desarrollo de la teoría cinética de los gases

Gracias al desarrollo de las teorías de Galileo, Copérnico y Torricelli durante los siglos XV al XVII en los que se llevaron a cabo un sinnúmero de estudios empíricos de fenómenos, tales como: la extracción del aire dentro de sistemas cerrados, el descubrimiento de la presión atmosférica y la construcción del barómetro de mercurio se confirmaría el vacío entre las partículas de una sustancia material. Así, estos hechos experimentales fueron tomando cuerpo a través de otros eruditos como Van Helmont con el descubrimiento de los gases, sustancias que él denominó en perfecto “caos” haciendo alusión a la capacidad de éstos de ocupar fácilmente cualquier recipiente que los contenga. De ahí, que sus observaciones llevaron a algunos de sus contemporáneos a admitir la presencia de diminutos átomos en un espacio inmensamente vacío. Vendría después, Pierre Gassendi, quien daría origen al desarrollo de una teoría más completa denominada para la época, como el atomicismo mecanicista. Esta interpretación permitía la concepción de que los espacios vacíos favorecerían el movimiento intrínseco entre los átomos. Del mismo modo, dejaba tácita la idea de la presencia de fuerzas de interacción entre partícula y partícula, al considerar que las sustancias sólidas permanecían unidas entre sí, gracias a unas semillas o especies de ganchitos.

Más adelante, Robert Boyle, marcaría hito en el desarrollo de la química mecánica al apoyar los presupuestos de sus antecesores de la época, especialmente, el estudio de la compresibilidad de los gases que lo llevaron al desarrollo de la ley de Boyle, es decir, las ideas que explicaban el comportamiento y naturaleza corpuscular de los gases, los cuales, permitirían adscribir estos a la categoría de entes materiales con masa e inmersos en un enorme vacío. Así pues, las propiedades de la materia se explicarían con base al tamaño, la forma, el movimiento y la interacción de los corpúsculos (Brock, 1992). Sin embargo, estas interpretaciones darían paso a dos maneras opuestas de modelar la naturaleza atómica de los gases en el fenómeno de la compresibilidad: un modelo estático y otro cinético de la materia. Mientras en el estático se centraba en la mínima posibilidad de

espacios vacíos entre las partículas del gas, en el cinético, las partículas contaban con un máximo de espacios y por tanto, de agitación constante entre sus partículas.

Como lo comentábamos anteriormente, la química era el campo disciplinar propicio para generar los más interesantes y fructíferos debates acerca de la teoría atómica. De hecho, para esta época surge la Iatroquímica, una ciencia que enlazaba la química con la medicina. A partir de ella, se logró abandonar con mayor fuerza las concepciones metafísicas y sustituirlas por las concepciones mecanicistas y atomistas y, en su lugar, fue la precursora del método científico. Continuando con el afán de dar interpretación o respuesta lógica a los fenómenos del mundo, aparece una nueva construcción teórica denominada “el éter de Descartes”. Con él, se planteaba la necesidad de un medio material, el cual tendría la apariencia física de un fluido, a través del cual, las partículas permanecerían juntas y moviéndose entre sí. Es así, como esta concepción permanecería en las mentes de los más connotados pensadores de la época ocasionando un amplio retraso en la evolución de un modelo cinético de la estructura de los sistemas gaseosos.

Newton aparece en esta historia aceptando los presupuestos de Boyle, los cuales daban una visión estática de los gases poniendo en evidencia una característica clave de la teoría atómica: las fuerzas de atracción y repulsión con las que se interpretaba la dilatación de los gases. A continuación se describe un pequeño segmento, el cual, explicaba de la siguiente manera:

“las partículas de los cuerpos fijos se mantienen juntas por la atracción, en oposición, a la “expansión prodigiosa” de las partículas de los cuerpos volátiles. No obstante, el hecho de que una vez traspasado el ámbito de la atracción se alejen con rapidez, pone de manifiesto, una potencia de repulsión que “comienza a actuar allí donde la fuerza de atracción cesa”.

Así pues, la hipótesis atómica condujo al desarrollo de la primera formulación cuantitativa del comportamiento de los gases que proporciono validez teórica a la ley de Boyle. Gracias a la fuerza ideológica de los presupuestos Newtonianos, se devuelve la mirada a la construcción de una teoría cinética que poco a poco iba dando forma al comportamiento de la materia y, especialmente a los sistemas gaseosos. Teniendo en cuenta la perspectiva de Boyle, él, hace una distinción entre los átomos físicos homogéneos y los elementos químicos heterogéneos. Afirmaba que un elemento era considerado como aquella estructura formada por átomos agrupados de distintas maneras.

Así, las propiedades de los elementos químicos quedaban determinadas por la ordenación característica de sus átomos.

Hasta la fecha, parecía indiscutible que cualquier construcción teórica para ser validada por la comunidad científica tendría que ser ratificada por una descripción de tipo matemático en la que se establecieran relaciones de tipo cuantitativo. En consecuencia, se requeriría un poco más de tiempo para llegar a consolidar definitivamente una teoría cinética de los gases soportada por dichos cánones. Para ello, fueron necesarios la contribución de Bernoulli con su teoría de los impactos para la presión de un gas con la cual dejaría sin bases teóricas a la concepción del *universo etéreo* y a la *teoría del calórico*, consideradas aún en el siglo XVIII, como columna vertebrales de la ciencia (Holton, 1952).

3.5.2 ¿Átomo físico o químico?: El hallazgo de la teoría atómica de Dalton.

Para el Siglo XIX era aún indiscutible la aceptación total de una teoría atómica o corpuscular, tras un desarrollo considerable de un conocimiento experimental que ponía en el centro la práctica científica, así pues, químicos como Lavoisier planteaban innecesaria la concepción atomista (Brock, 1992). Para la misma época, Dalton (1766-1844) favorablemente, tiende un puente entre la concepción mecánica del átomo y el compendio de datos experimentales que arrojaban los diversos estudios empíricos realizados hasta el momento. Así, Dalton se preocupó por descifrar el conjunto de datos experimentales²⁴ que recogieron los químicos más destacados de la época a saber: Proust y Lavoisier. A través de ellos, se elaboraron las principales leyes que daban cuenta de las propiedades y las relaciones entre las mismas, cuando se combinaban las masas en las reacciones químicas (Nash, 1966). Por ello, Dalton fue más allá de establecer una formulación matemática y se adentra en dar sentido a estas descripciones en términos de una teoría atómica, la cual consta de una serie de principios básicos que se describen a continuación:

- Los elementos están formados por átomos rígidos, invisibles, indivisibles que se combinan en proporciones simples y predecibles.

²⁴ Dalton, Lavoisier y Proust, pudieron establecer los pesos atómicos relativos de los átomos a través de dichos procesos de medición y observación que se llevaron a cabo en el laboratorio (Brock, 1998; Jensen, 2010).

- Los elementos están formados por átomos indestructibles con características específicas.
- Los átomos son macizos e incompresibles.
- El átomo es de naturaleza química y por tanto, es el responsable de las propiedades de los elementos.
- Existen tantos tipos de átomos como elementos químicos.
- Átomos de elementos diferentes tienen masas distintas.
- La masa de un átomo de un elemento es la misma, en todos los compuestos donde éste haga parte.
- Partículas de diferentes elementos combinados de acuerdo a una proporción simple, forman unas partículas de una sustancia llamada compuesto. Además, cuando dos sustancias diferentes reaccionan para formar una tercera sustancia, la masa se conserva durante toda la reacción.

Desde esta perspectiva, es clave destacar que la teoría atómica se había fundamentado de la concepción de un átomo químico²⁵ más que físico²⁶. Así, aunque es aceptado que los componentes primordiales son los átomos físicos de Newton, no obstante, los desconoce cuando no se establece diferencia alguna entre átomo físico y elemento químico. Este hecho desdibujó la visión Newtoniana de átomos que interactúan entre sí a causa de un modelo teórico que hace referencia a las fuerzas de interacción de tipo atractivo y repulsivo. Solo hasta llegar a finales del siglo XIX y comienzos del XX, se empieza a direccionar la visión física de los átomos a través de una cascada de trabajos experimentales que le dieron su reconocimiento final. Por ejemplo, el fenómeno de la radiactividad, el efecto fotoeléctrico, el movimiento Browniano, la difracción de Rayos X, la fisión nuclear, entre otros más.

Gracias, a estos desarrollos teóricos soportados por los hechos experimentales, finalmente, se presenta una teoría atómica o teoría cinético molecular de la materia mucho más actualizada que recoge todos los elementos atomistas de las escuelas griegas, como también, de la química mecánica con las acceder a una teoría que fuese capaz de interpretar fenómenos más complejos que albergarían una nueva visión de un átomo

²⁵ Desde una interpretación más sistemática y moderna, la concepción de átomo químico corresponde a una construcción teórica que permite comprender las propiedades de la materia. Adicionalmente, es el componente básico que determina las propiedades físicas y químicas de la materia (Gómez Crespo, 2005).

²⁶ El átomo físico, sería considerado por la comunidad erudita como un ente físico real que constituye todas las cosas y, el responsable de las múltiples interacciones entre la materia (Gómez Crespo, 2005).

divisible en subestructuras denominadas como protones, neutrones y electrones. Ahora bien, quedarían faltando las nuevas interpretaciones desarrolladas por la física cuántica para alcanzar un modelo de átomo no solo discontinuo en nuevas estructuras conceptuales denominadas leptones y quarks, sino además, un modelo cuantizado a partir de la hipótesis cuántica.

3.5.2.1 La teoría cinética como un modelo explicativo para comprender el comportamiento de los sistemas gaseosos

Hasta este momento, la teoría de Dalton nos presenta un esfuerzo teórico que describe las propiedades, naturaleza íntima y el comportamiento de los átomos cuando estos se unen para formar nuevas moléculas. No obstante, estos adelantos no son del todo potentes para interpretar el comportamiento físico de la materia, de hecho, el desarrollo de los modelos corpusculares debe transitar en dirección de modelos explicativos que establezcan los mecanismos de interacción entre las partículas. Dichos mecanismos son los directos responsables de explicar fenómenos como la difusión y viscosidad de los líquidos, la expansión y la compresibilidad de los gases, la conducción del calor, entre otros.

Indudablemente, el modelo preponderante de la época era aún, el punto de vista Newtoniano. Un modelo de naturaleza mecánica que conservaba aún su apariencia estática al declarar que las partículas se comprimen o se expanden al igual que la materia macroscópica. Poco a poco, esta perspectiva tendría que evolucionar hacia un modelo cinético a partir del desarrollo de la teoría de Dalton y la teoría del calórico, con las cuales se podría explicar de manera consistente las propiedades y el comportamiento de los gases a nivel cualitativo. A pesar de este importante progreso en el desarrollo de los modelos se observa que el pensamiento de la época estaba focalizado en una concepción de naturaleza contraintuitiva que solo sería abandonado cuando se lograra incorporar un modelo cinético de átomos en continuo movimiento e interacción con la que superar la teoría del calórico.

Desde luego, que este cambio de paradigma sobrevendría paulatinamente con la aparición de reconocidos químicos como Herapath, Joule y Clausius, quienes se preocuparon por establecer relaciones directas entre el movimiento de las partículas y la teoría cinética del calor. Joule en 1847, revela que una teoría atómica de la materia junto con un modelo cinético corpuscular sería una amalgama ideal para la interpretación de muchos fenómenos físicos y químicos que antes no tenían explicación a nivel macroscópico. Más

adelante, Clausius (1957) había logrado consolidar los presupuestos conceptuales de la termodinámica con base a una teoría cinética de los gases que incluiría la idea científica del movimiento de las partículas de los sistemas gaseosos mediante argumentos probabilísticos teniendo en cuenta los aportes teóricos de Kronig.

Finalmente, la teoría cinético molecular empieza a consolidar definitivamente su entramado conceptual con los aportes de científicos connotados como Maxwell y Cannizaro, quienes de hecho, introducen la estadística y los argumentos probabilísticos a la explicación cinética del movimiento de las partículas en los gases. En efecto, se obtuvieron avances importantes en el desarrollo de constructos como el de recorrido libre medio y el uso de representaciones de tipo matemático al estudio de las velocidades de las partículas de los sistemas gaseosos. En definitiva, se logra una teoría física de las propiedades moleculares de la materia (microscópica) y una teoría atómica química que explica las propiedades de la materia macroscópica (Harman, 1982). Así pues, se destaca primordialmente la diferenciación que Maxwell hace entre una teoría fundamentada en la estadística que explica de manera *sistémica* el comportamiento de la materia, y la otra, de carácter dinámico que explica el comportamiento *individual* de las partículas o moléculas que constituyen la materia.

Dicha teoría cinético-molecular de la estructura de la materia queda descrita en sus principales presupuestos teóricos de la siguiente manera:

- Una sustancia en estado gaseoso está compuesta de partículas invisibles, entre las cuales existe un espacio vacío entre éstas. El volumen real de las moléculas individuales es despreciable en comparación con el volumen total del gas como un sistema. Se concibe el término de molécula para representar la partícula más pequeña de cualquier gas.
- Las partículas se encuentran equitativamente distribuidas dentro del recipiente que las contiene.
- Las partículas que constituyen una sustancia en estado gaseoso están en constantemente movimiento (translación, vibración y rotación), además, sus colisiones son perfectamente elásticas, esto significa, que no hay pérdida de energía cinética durante el choque.
- El promedio de la energía cinética de las moléculas de un gas depende de la temperatura. Por tal motivo, si la temperatura asciende, ésta aumenta en la misma

medida. Así, a una temperatura dada, las moléculas de todos los gases tienen el mismo promedio de energía cinética.

- Las partículas que constituyen una sustancia en estado líquido presentan movimientos más lentos que cuando están en el estado gaseoso; ahora, las partículas que constituyen sustancias en estado sólido, solamente tienen movimientos de vibración en una posición fija.
- Las partículas en el estado gaseoso se encuentran muy alejadas, debido a que las fuerzas de atracción entre ellas son despreciables. No obstante, en el estado líquido y sólido, el espacio entre ellas es muy pequeño, además, el tamaño de estos espacios en el estado sólido y líquido es muy parecido.

Para finalizar, consideramos que conocer y llegar a comprender el desarrollo de una teoría cinético-molecular actual ha permitido a los científicos expertos y a una gran porción de ciudadanos alfabetizados científicamente, contar con una representación más potente del universo siendo ésta utilizada para interpretar la gran mayoría de fenómenos eléctricos, magnéticos, ópticos y acústicos. Adicionalmente, la teoría cinética ha sido un instrumento explicativo de las leyes de los gases, a conocer: ley de Boyle, ley de Charles y ley de Gay-Lussac. Así pues, esta teoría proporcionó un modelo capaz de explicar la regularidad en el comportamiento de los gases.

En efecto, la teoría cinético molecular de la materia ha sido circunscrita dentro de un modelo lo suficientemente simple para explicar algunos de los principales fenómenos, propiedades y transformaciones de la materia a partir de unos principios o conceptos básicos que sintetizan toda el desarrollo del pensamiento humano a cerca de los fenómenos macroscópicos perceptibles por nuestros sentidos a partir de la construcción de representaciones o ideas teóricas que intentan dar sentido a los fenómenos sociales, naturales y a los avances tecnológicos y científicos del mundo actual.

3.5.3 Un modelo sencillo de partículas necesario para interpretar el mundo macroscópico en la escuela secundaria.

El desarrollo de la moderna teoría atómico molecular brinda un modelo cualitativo que ha dado lugar a una representación submicroscópica de los fenómenos que ocurren en el mundo que percibimos. De hecho, el modelo cinético corpuscular es considerado un instrumento interpretativo el cual simplifica todo un desarrollo teórico y empírico que durante muchos siglos ha estado condensado en una teoría atómica molecular. De ahí, que

este modelo simple de partículas como también es conocido por la comunidad, se presenta a partir de tres ideas fundamentales a saber:

- La materia está formada por partículas que no se pueden ver;
- Entre las partículas que componen la materia se encuentra un espacio vacío y;
- Las partículas se encuentran en continuo movimiento e interacción.

Por tanto, el modelo corpuscular nos muestra que la materia está formada por partículas que pueden ser átomos, iones o moléculas²⁷, que se mueven e interaccionan constantemente en un espacio vacío y que en el caso de las sustancias líquidas y gaseosas permanecen colisionando entre ellas y con las paredes del recipiente que los contiene al agitarse cuando intervienen agentes externos como la presión, temperatura y densidad.

Así pues, el recoger este modelo corpuscular de la materia y transferirlo a la enseñanza de la química en la educación secundaria como pilar para la interpretación de los cambios y propiedades de la materia debe ser el propósito fundamental de la educación secundaria. Ahora bien, aunque este modelo es básico para la comprensión de los fenómenos, no obstante, se queda corto en muchas interpretaciones y por tanto, requiere de la utilización de otros modelos interpretativos más sofisticados. Es decir, con mayor poder predictivo y explicativo a través de los cuales se tendrían que explicar fenómenos, tales como: la estructura subatómica del átomo, los mecanismos de interpretación de las reacciones químicas, mecanismos moleculares de los fenómenos termodinámicos, la interpretación en términos estadísticos de la entropía, la interpretación de los mecanismos de una reacción química, la comprensión de los fenómenos que intervienen en un equilibrio químico, la naturaleza de los enlaces, los compuestos orgánicos, la nomenclatura química, entre otros.

En consecuencia, al poner este modelo teórico en escena en el plano social y personal del estudiante para dar sentido a algunos fenómenos macroscópicos es necesario incorporar

²⁷Vale la pena mencionar que la diferenciación entre estas entidades o constructos no es apropiado hacerla ya que el modelo corpuscular no es potente para explicar la composición interna de una partícula o átomo. De hecho, la comunidad científica le ha asignado nuevas propiedades o atributos al modelo corpuscular constituyendo a nuevos modelos que conducen a la estructura interna del átomo y de esta forma poder acceder a la conceptualización y diferenciación de dichas construcciones. Así pues, teniendo en cuenta el principio de secuenciación de nivel de complejidad del tópico se ha tomado la decisión curricular y de enseñanza de introducir ésta solo cuando abordemos la idea de cambio químico.

otras ideas²⁸ que apoyen el modelo para poder interpretar dichos procesos de manera más potente. En este sentido, el documento del Design Brief ha considerado esta importante decisión de diseño que sería concretada en el diseño de los Worked Examples para cada una de las grandes ideas del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

²⁸Introducir por ejemplo, la idea de las fuerzas de interacción inter e intra-partícula permitiría interpretar de manera más potente los cambios en el arreglo de los enlaces, así como, establecer la diferenciación entre partícula como átomo o molécula. De hecho, esta idea es necesaria para el apalancamiento del constructo de cambio químico.

CAPITULO IV. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este capítulo se propone presentar la propuesta metodológica de la investigación la cual permite definir las estrategias que se propone para resolver el actual problema de investigación y lograr los propósitos planteados. Inicialmente se consideran los aspectos metodológicos generales, esto en cuanto a los (4.1) supuestos teóricos (4.2) el propósito general de la investigación (4.3) la metodología (4.3.1) el proceso investigativo (4.3.2) describe el tipo de metodología en el cual se definen las técnicas e instrumentos de recolección de información orientadores de la propuesta de diseño de la secuencias de enseñanza y aprendizaje en cuestión.

4.1. SUPUESTOS TEORICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se plantea como supuestos que los marcos teóricos y metodológicos que subyacen al modelo de diseño de la enseñanza del Grupo Leeds contribuirían a la planeación curricular e instruccional de tópicos científicos específicos de la química. Así, dicho cuerpo de conocimientos derivados de la investigación educativa informa e ilumina la toma de decisiones del profesor para fundamentar la práctica del diseño de ambientes de enseñanza y aprendizaje de un contenido científico concreto. Para este estudio, dichas decisiones se materializan en la planificación de una SEA de contenidos específicos (la discontinuidad de la materia), que se realiza desde un enfoque constructivista sociocultural para contextos educativos particulares (Institución Educativa de educación pública con estudiantes de 14 – 16 años de básica secundaria de la ciudad de Santiago de Cali).

Por lo cual, dichos supuestos permitieron derivar el siguiente propósito general.

4.2 PROPÓSITO GENERAL

Diseñar una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA) desde una perspectiva constructivista sociocultural sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia de un contexto educativo particular (estudiantes de educación básica secundaria 14 – 18 años), que asuma los aportes del modelo de diseño del Grupo Leeds.

4.3 METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO INVESTIGATIVO

4.3.1 Metodología

A partir de la revisión y el análisis crítico a los documentos que recogen la línea de investigación sobre los estudios de diseño de SEA's de tópicos científicos específicos se plantea para la actual investigación la modalidad de corte cualitativo interactivo (Mc Millan & Schumacher, 2005), exploratorio y descriptivo con una metodología de estudio de casos desde la perspectiva de Yin (2003).

Yin (2003) conceptualiza el estudio de casos como un método o estrategia de investigación científica y Chetty (1996) plantea que es una metodología rigurosa, la cual, es adecuada para investigar fenómenos en los que se busca dar respuesta a interrogantes de cómo o por qué algo funciona (i.e., ¿cómo se diseña una SEA?). Para Yin (2003), resulta apropiado emplear esta clase de metodología con el propósito de llegar a comprender a profundidad la unicidad y la complejidad de los elementos de un fenómeno particular dentro de un tiempo y espacio. Es decir, este tipo de metodología permite indagar o examinar el caso en cuestión dentro de un entorno real. Adicionalmente, esta estrategia metodológica cumple con los criterios del uso de multiplicidad de fuentes de datos encontradas en el entorno del diseño de SEA's de tópicos específicos los cuales toman muchas formas, entre ellas están: los documentos, notas de entrevista y encuesta.

4.3.2 El proceso Investigativo

Se aborda de manera descriptiva los aspectos metodológicos que se focalizan en los procedimientos llevados a cabo para el diseño de la Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje para el tópico específico de la discontinuidad de la materia de acuerdo con el modelo de diseño asumido (Ametller et al., 2007) (Ver figura 4-1).

Siendo coherentes con dichos marcos, se ha asumido el diseño de la SEA en dos estadios en donde se articula la perspectiva teórica sobre el aprendizaje asumida por el investigador con el diseño de la propuesta de enseñanza. Por tanto, ésta se apoya en un primer momento en las grandes teorías sobre el aprendizaje asumiendo una perspectiva constructivista sociocultural en un contexto formal. Así, nos fuimos moviendo de manera progresiva hacia marcos teóricos pertenecientes a un nivel de detalle del contenido específico cada vez más fino. El primer paso, se dio con el uso de las herramientas de

diseño como son: la demanda de aprendizaje y el enfoque comunicativo (Leach y Scott, 2002; Mortimer & Scott, 2003), las cuales, brindaron un modo más explícito de utilizar elementos de la perspectiva teórica general. El segundo paso, recoge toda la información obtenida del uso de dichas herramientas de diseño y lo vincula con el conocimiento profesional del maestro²⁹, el cual, estará representado en la toma de decisiones curriculares y de enseñanza del contenido específico seleccionado en el campo del conocimiento de la química para construir la propuesta de diseño de los artefactos curriculares: el Design Brief y el Worked Example.

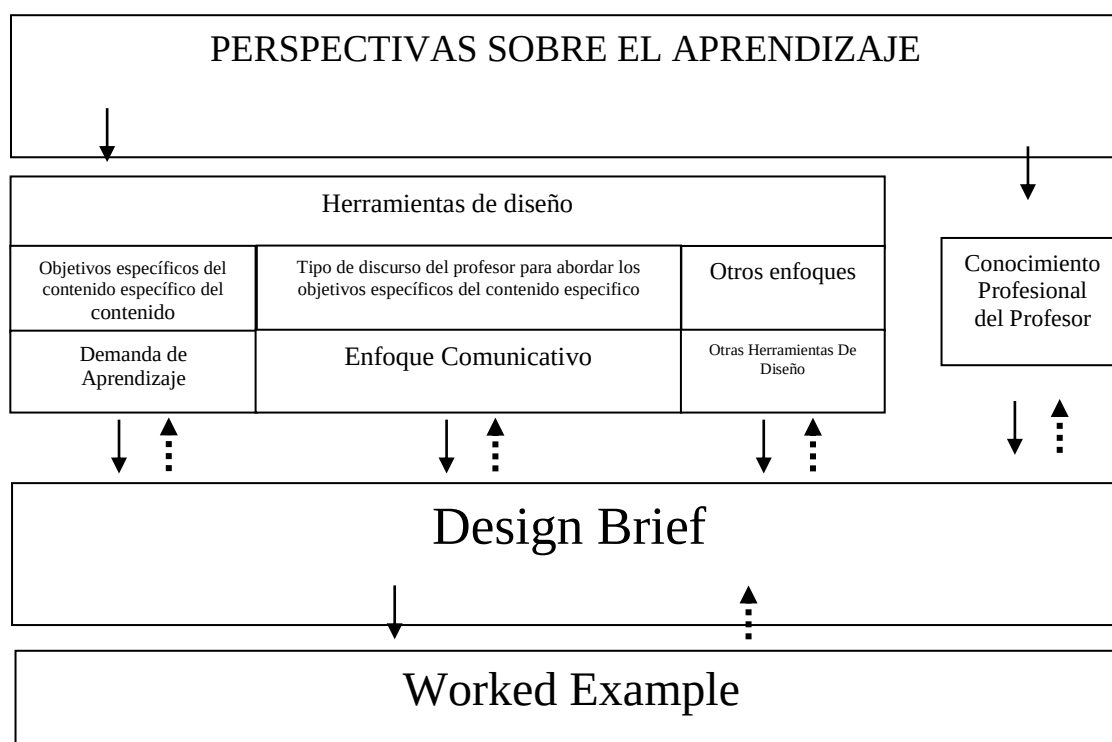


Figura 4-1. Modelo de diseño de la enseñanza del Grupo Leeds (figura tomada y traducida de los autores (Ametller et al., 2007)).

4.3.2.1 El Design Brief

El segundo momento del proceso investigativo involucra elaborar el Design Brief o documento en el que se plasma la toma de decisiones curriculares y de enseñanza del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia pensado para un contexto singular.

²⁹ Las decisiones curriculares y de enseñanza estarán informadas por el conocimiento profesional del docente basado en teoría y en las experiencias personales. Para los propósitos de este estudio, como investigador novel pongo en juego el bagaje de conocimientos prácticos y experienciales adquiridos durante quince años desempeñándome como docente de la educación básica y media en el área de ciencias naturales. Actualmente, soy docente de la asignatura de química en la institución educativa del contexto singular para el cual se ha diseñado la SEA sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

El Design Brief del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia consta de cuatro secciones, las cuales, incluyen una serie de cuestionamientos pensados con el propósito de atender aspectos muy importantes que un profesor debe tener en cuenta al momento de diseñar la enseñanza de un tópico científico concreto.

Como se mencionó anteriormente en el marco conceptual, los componentes del Design Brief de acuerdo a Ametller et al., (2007) está configurado por tres aspectos (ver figura 4-2). Sin embargo, en esta propuesta se ha modificado el modelo original adicionando una sección que corresponde a realizar un análisis más profundo del contenido a enseñar, a partir, de los diversos documentos curriculares e institucionales de la enseñanza-aprendizaje de la química, y, libros de texto de secundaria y universitarios. De hecho, una de las decisiones de diseño es abordar este aspecto de acuerdo con el marco de la psicología cognitiva desde la perspectiva de Pozo y Gómez Crespo (1998). De otro lado, se destacan algunas de las debilidades o inconsistencias que se presentan sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia en algunos libros de texto en nuestro contexto educativo (ver sección 2 del Design Brief p.103).

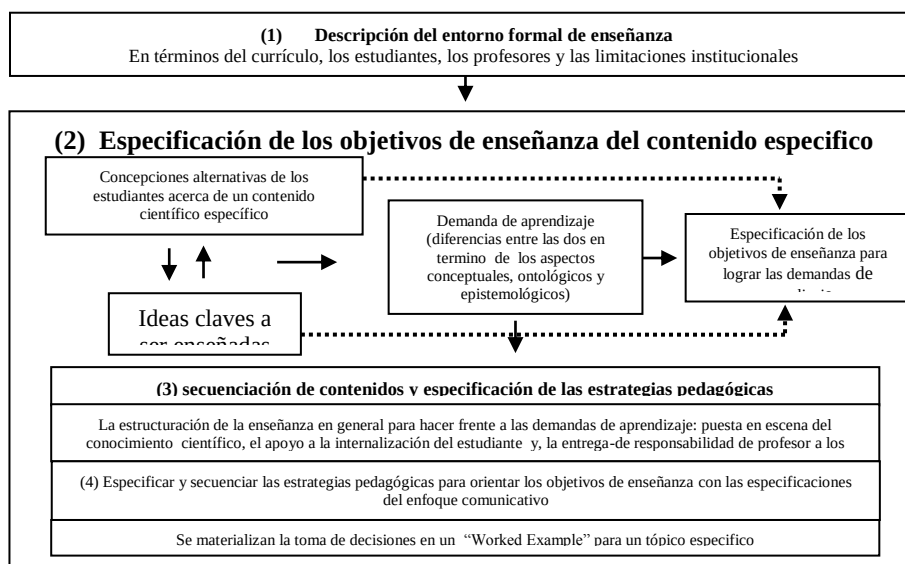


Figura 4-2. Modelo que esquematiza los elementos constitutivos del Design Brief (figura tomada y traducida de los autores (Leach & Scott, 2002).

Es importante destacar, que el desarrollo de las cuatro secciones no es el resultado de un proceso lineal, por el contrario, implica un ir y venir en el refinamiento del mismo, haciendo las adiciones o cambios que sean necesarios.

4.3.2.2 El Worked Example

El último momento en la fase de diseño de la SEA sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia involucra traducir el Design Brief en un Worked Example que fue desarrollado para enseñar dos lecciones las cuales incluyen una secuencia lógica de actividades de enseñanza-aprendizaje temporalizadas en cuatro periodos del año académico. Es importante destacar, que un Worked Example pensado desde el Modelo de Leeds está dado para guiar y apoyar el proceso de enseñanza - aprendizaje de un contenido científico específico. En este sentido, el Worked Example se llevó a cabo teniendo en cuenta el contexto nacional e institucional con el fin de atender tanto las necesidades que emergen de él, como las demandas de la investigación en educación en ciencias. Por tanto, a éste lo subyace un conjunto de principios de diseño adoptados por el diseñador para la enseñanza de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia y, el establecimiento de un lenguaje social común entre profesor y estudiantes.

Así pues, como resultado del análisis del contenido a enseñar (sección 2 del Design Brief) se establece la necesidad de orientar la enseñanza sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia en cinco grandes ideas. No obstante, por la extensión y profundidad con que se deben desarrollar las grandes ideas; la complejidad para lograr la comprensión conceptual de las mismas y; el arduo y difícil trabajo de identificar demandas de aprendizaje, especificar objetivos de enseñanza, seleccionar/secuenciar contenidos y estrategias pedagógicas y, diseñar, secuenciar y temporalizar actividades de enseñanza-aprendizaje, solo ha sido posible elaborar un Worked Example que contiene dos lecciones. La primera, tiene el propósito de establecer un lenguaje común, a través del cual, el estudiante gradualmente se irá apropiando del lenguaje social científico que el profesor escenifica en el aula de química. De hecho, esta lección es esencial ya que se intenta que el lenguaje social cotidiano de los estudiantes avance hacia la apropiación de las cinco grandes ideas en que se divide el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. La segunda, pone en escena la primera idea científica “la naturaleza corpuscular de la materia”. A partir de ella, se pretende que los estudiantes elaboren el modelo de partículas.

- **Contexto**

El contexto formal de enseñanza para el cual fue desarrollada la SEA sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, trata de satisfacer las necesidades de una

Institución Educativa del sector público de Santiago de Cali para estudiantes en un rango de edad entre 14-16 años. En este sentido, el Worked Example está diseñado para cubrir las actividades y estrategias pedagógicas en grado noveno de educación básica secundaria con una intensidad de (1) hora semanal, previamente establecida por las orientaciones del currículo Institucional.

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para recolectar la información necesaria para diseñar los documentos curriculares e instruccionales: el Design Brief y Worked Example se utilizaron diferentes fuentes de recolección de datos, a saber: documentos, entrevista y cuestionario.

Por tanto, (1) las **fuentes documentales** de donde se extrajo el corpus de datos provienen de la literatura basada en la investigación, las políticas educativas sobre la educación en ciencias; textos escolares y universitarios; y, documentos provenientes de las instituciones escolares. El acceso y análisis a los documentos provenientes del enfoque de la investigación de diseño y documentos curriculares fue posible a través de la plataforma WEB, el Cendopu del instituto de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle. Los textos escolares y universitarios se lograron a través de la visita a la biblioteca de la Universidad del Valle, la biblioteca de la institución educativa y la WEB. Mientras, que los documentos institucionales se encontraron en los registros físicos y digitales de la institución educativa en donde surgió el estudio.

(2) **Entrevistas guiadas**, las cuales, se aplicaron a dos profesores del área de Ciencias Naturales de la Educación Básica Secundaria que enseñan a los grados séptimos y novenos de la institución educativa particular.

Este estudio se encuentra signado por una perspectiva teórica sobre el aprendizaje o perspectiva constructivista sociocultural en entornos formales. De ahí, que se hayan considerado para el diseño de la entrevista un conjunto de interrogantes de tipo abierto que tuvieron como intención la de encapsular los aspectos claves para que la toma de decisiones curriculares e instruccionales (Hollon, Roth& Anderson, 1991) del profesor de química llegue a ser consciente e informada por los marcos teóricos y metodológicos de la investigación basada en el diseño de SEA's de tópicos específicos.

Siendo una entrevista semiestructurada y guiada, algunas de las preguntas han sido validadas por los autores (Leach & Scott, 2002) a través del marco teórico que

fundamenta el Design Brief (referido al contexto en particular a los apartados del currículo que se desarrolla en la institución educativa, el profesor y las restricciones institucionales). De hecho, éstas han sido adaptadas por el investigador con el propósito deliberado de comprobar, validar o refutar la información arrojada por los documentos curriculares e institucionales analizados en el estudio. Otras preguntas surgieron del diálogo establecido con el entrevistado con el objeto de aclarar algunas de las respuestas (ver anexo No. 4).

La estructura de la entrevista comprendió 19 interrogantes distribuidos en tres aspectos:

1. La formación profesional del docente; cuyos interrogantes fueron dos (2): *¿Cuál es tu formación académica?, ¿Eres especialista en la enseñanza de la química?*

2. Conocimiento y experiencia profesional del docente; los interrogantes que se plantearon fueron catorce (14), respecto al conocimiento diez y a la experiencia cuatro:

- Conocimiento: *¿Qué expectativas tiene usted de la enseñanza de la química?, ¿Qué intereses o motivaciones tiene usted cuando planea la enseñanza de la química?, ¿Cuáles de ellas deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la enseñanza?, ¿Qué elementos del conocimiento profesional del profesor cree usted deben ser tenidos en cuenta para el diseño de la planificación de las clases de química?, ¿Qué perspectiva teórica sobre el aprendizaje asume usted para la enseñanza y aprendizaje de la química en el aula?, ¿Consideras que los marcos teóricos y metodológicos del campo de la educación en ciencias juegan un papel clave en el diseño de la planificación de la enseñanza?, ¿Cuáles crees que son las dificultades que presentan los estudiantes de grado noveno cuando se enfrentan al aprendizaje de los tópicos del currículo de la química?, ¿Qué contenidos del currículo de la química usted les enseñaría a los estudiantes de grado noveno?, ¿Qué concepciones alternativas sostienen los estudiantes cuando se enfrentan al aprendizaje de los tópicos del currículo de la química?, ¿Qué principios o esquemas estructuran el conocimiento científico?,*
- Experiencia: *¿Cuál es el tiempo de experiencia como profesor de ciencias en ejercicio? ¿Hay alguna característica de la experiencia profesional de los profesores que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la enseñanza? ¿Cómo organizas o gestionas el aula de ciencias?, ¿Cuándo enseñas ciencias*

habitualmente desarrollas prácticas experimentales? ¿Qué tipo de prácticas desarrollas en el aula con los estudiantes?

3. Restricciones institucionales; se indaga a partir de tres (3) interrogantes : *¿Consideras que la intensidad de (1) hora semanal es favorable para la enseñanza de los tópicos del currículo de la química?, ¿La institución cuenta con los instrumentos y equipos necesarios para el desarrollo de las prácticas experimentales en el aula de ciencias?, ¿Realizas prácticas experimentales aunque no exista un laboratorio para la enseñanza de la química y, éste no se encuentre muy bien dotado de equipos e instrumentos?.*

El propósito es verificar y ampliar la información obtenida a partir de las fuentes documentales. El tipo de pregunta remite a la experiencia y el conocimiento, es decir, se intenta conocer lo que el profesor hace o ha hecho en la enseñanza de la química, sus expectativas y formación profesional. Asimismo, aspectos en relación al contexto institucional, se trata de conseguir información demostrable que el profesor tiene. La duración de la entrevista de distribución individual tuvo un rango de 45 min – 1 hora.

Los datos primarios de las entrevistas cualitativas son relatos recogidos en grabación en audio y notas de voz, sobre lo que ocurre en la sesión de la entrevista, la cual garantiza la integridad de la intervención verbal y proporciona material para la fiabilidad de la información. Después se transcribió de manera completa en el ordenador a manera de notas de entrevista que contienen los datos literales de las respuestas del profesor entrevistado. También, incluye la fecha, el lugar, la identidad y el código del informante.

(3) **Encuesta** a estudiantes, para la cual se elabora un cuestionario para recoger los datos, y, cuya construcción tuvo los aportes de dos estudios: Zambrano y otros (2007) y, Pozo y Gómez Crespo (1998), el primero aportó en cuanto a identificar las características de los estudiantes en relación a los aspectos socioculturales y el conocimiento, expectativas e intereses acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la química. El segundo, en torno a conocer y contrastar las concepciones que los estudiantes sostienen sobre el tópico. El cuestionario se administró individualmente para recolectar la información anteriormente mencionada, la cual, facilitó la descripción de las características de los estudiantes de grado noveno. Desde luego, la técnica de la encuesta fue elegida por su versatilidad ya que ésta puede ser aplicada para investigar casi cualquier problema. Adicionalmente, permite hacer generalizaciones hacia la población, dado que, puede seleccionarse una muestra pequeña (el grado noveno) a partir de una población numerosa (población

estudiantes de la institución). Al mismo tiempo, el cuestionario es relativamente económico, incluye las mismas preguntas para todos los encuestados y, puede asegurar el anonimato.

El cuestionario es de tipo mixto, contiene preguntas abiertas y cerradas, constó de veinte interrogantes, las cuales se distribuyeron en cuatro apartados, a saber: 1. Aspectos socioculturales. 2. Respecto a la enseñanza de la química. 3. Respecto al aprendizaje de la química. 4. Las concepciones de los estudiantes sobre el tópico específico.

En cuanto a los aspectos socioculturales se plantearon tres preguntas abiertas: *¿En qué comuna vives?, ¿Qué nivel de escolaridad tienen tus padres?, ¿Tu proyecto de vida está encaminado o direccionado para adelantar los estudios universitarios.*

Sobre la enseñanza de la química se formularon dos cuestiones en las que el estudiante debía seleccionar entre varias opciones: *Selecciona cinco de las siguientes opciones con las cuales tus profesores enseñan química, ¿Qué contenidos científicos te han enseñado en las clases de química en años anteriores.*

Sobre el aprendizaje se plantearon seis cuestiones, cinco de ellas son de selección de respuesta múltiple: *¿Para qué quieres que te enseñen química?, selecciona cinco formas con las cuales te gustaría que te enseñaran química, ¿Cuáles crees que son tus dificultades y limitaciones para el aprendizaje de los tópicos de la química?, selecciona aquellos conocimientos que te gustaría conocer acerca de la química, ¿Cómo te gustaría trabajar en el aula de química?*

Una sexta cuestión tipo escala en el que el estudiante marca el orden de respuesta según el grado de importancia que le asigne: *califica de 1 a 4 según el orden de importancia que han tenido cada uno de estos aspectos en tu aprendizaje de la química.*

Respecto a indagar las concepciones de los estudiantes sobre el tópico de la discontinuidad de la materia, Pozo y Gómez Crespo (1998) plantearon (9) preguntas con selección múltiple con única respuesta. (Ver anexo 5).

4.5 Técnicas de análisis de información

4.5.1. Documentos

Con la intención de darle confiabilidad y validez al conjunto de proposiciones provenientes del ordenamiento conceptual y la teorización de la serie de datos se ha

seleccionado la técnica de análisis de contenido a las fuentes *documentales* (Krippendorff, 1990; Abela, 2000). De hecho, esta técnica le permite al investigador social recoger la información contenida en una serie de documentos los cuales han sido seleccionados de acuerdo a criterios previamente establecidos. A través de ésta, el investigador puede transformar en datos propiamente dichos la información contenida en los textos de los documentos haciéndoles una interpretación y un primer análisis a éstos (Erickson, 1989). Así, esta acción nos permitió formular inferencias desde el contexto de los datos provenientes de los documentos en cuestión (Krippendorff, 1990).

Tomando como punto de referencia los anteriores presupuestos, se entra a formular las unidades de análisis³⁰ las cuales son categorizadas por Krippendorff (1990) como: unidades de muestreo, unidades de registro y unidades de contexto.

(a). Unidades de muestreo: Literatura basada en la investigación que recoge los elementos teóricos y metodológicos de los estudios de diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje de tópicos específicos desde la perspectiva del grupo Leeds (Leach & Scott, 2002, 2004, Leach, Ametller y Scott, 2007, entre otros). Además, los documentos específicos que direccionan la educación en ciencias en el panorama internacional y nacional para la enseñanza de la química, como los documentos institucionales del contexto escolar específico de la Institución Educativa.

(b). Unidades de registro: Lineamientos curriculares en Ciencias Naturales, estándares básicos por competencias en Ciencias Naturales; artículos de investigación y reflexión sobre la enseñanza y aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, textos escolares, PEI, proyectos pedagógicos escolares y la propuesta curricular del área de Ciencias Naturales (Plan de área y plan de aula).

(c). Unidades de contexto: Lineamientos curriculares en Ciencias Naturales para la educación básica y media, estándares básicos de competencias para el ciclo octavo-noveno; artículos de investigación y reflexión sobre la enseñanza y aprendizaje de las cinco grandes ideas en las que se compone el núcleo conceptual de la discontinuidad de la

³⁰Krippendorff (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.

materia (concepciones alternativas, esquemas conceptuales y el lenguaje multinivel de la química).

Naturalmente, para llevar a cabo la tarea central del análisis de contenido diseñamos una rejilla cuya estructura lógica está constituida por una serie de categorías y subcategorías (ver tabla 4-1), las cuales, se convirtieron en el cuerpo de conocimiento del Design Brief. Vale la pena destacar, que este primer documento cumple con el propósito de iluminar e informar la construcción del Worked Example o SEA del tópico de la naturaleza corpuscular de la materia. Como ya se mencionó anteriormente, la sección (2) hace un análisis del contenido a enseñar, siendo ésta, un aporte personal a este estudio.

Tabla 4-1. Rejilla de análisis de contenido que relaciona las categorías y subcategorías de acuerdo a las secciones del Design Brief (modificado de Ametller et al., 2007)

Secciones del Design Brief	Categorías	Subcategorías
1. Análisis del contexto en que se va a desarrollar la enseñanza	El contexto	El currículo Estatal
		El currículo Institucional (PEI)
		Los estudiantes
		Los maestros
		Las limitaciones institucionales
2. Análisis del contenido científico a enseñar según los documentos oficiales y los libros de texto	Selección y refinación de contenidos curriculares ³¹	Selección y refinación del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia: las grandes ideas científicas, esquemas conceptuales y la necesidad de diferenciar e integrar el lenguaje multinivel.
3. Formulación de los objetivos de enseñanza del núcleo conceptual de la Discontinuidad de la materia	Los objetivos de enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia	Justificación del contenido a ser enseñado.
		Concepciones alternativas de los estudiantes.
		Demandas de aprendizaje
4. Secuenciación del contenido del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia y selección de estrategias pedagógicas	Aspectos claves de la secuencia de enseñanza del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia	Estructura general de la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia en un tamaño de grano grueso.
		Estructura general de la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia en un tamaño de grano fino.
		Secuenciación de contenidos de las cinco grandes ideas de la discontinuidad de la materia

³¹ Esta categoría ameritó el diseño y la implementación de una rejilla a una serie de textos escolares, universitarios y, de aprendiendo a enseñar ciencias. El análisis del contenido de dicho instrumento nos permitió elucidar la selección, secuenciación y temporalización de las grandes ideas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

		Selección de estrategias pedagógicas específicas al tópico.
--	--	---

4.5.2 La Entrevista a docentes

El análisis de la información recogida a través de la entrevista se basa en lo que actualmente se conoce como el análisis de discurso. Así, se parte del análisis a los textos de las entrevistas con la intención de extraer significados que le sean útiles al investigador según los propósitos que éste desea alcanzar en el estudio. De hecho, este se focaliza en la fase interpretativa de los textos que ha narrado el entrevistado. Por tanto, se trata de identificar todo aquello que tiene o no importancia para destacar o ampliar los aspectos que definen el contexto en que se desarrollaría la enseñanza de un tópico científico específico. Es decir, la fase exploratoria del estudio de diseño como del estudio de caso de la SEA sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia.

De acuerdo con Montañez (2001), se plantea un modelo referido a cabo cuatro lecturas cuyos niveles se interrelacionan, es decir, que en el caso de un análisis de varias entrevistas se pueden acometer uno a uno o entrelazarse según el nivel de aprovechamiento que tengan:

El primer nivel de lectura involucra una análisis de lectura intuitiva en el que se identifica en la narrativa del entrevistado una primera aproximación a la espontaneidad del discurso en su conjunto (lo que se dice y como se dice), se subrayan aquellas frases que en primera instancia centraron nuestra atención.

En un segundo nivel, se realiza la lectura temática, la cual consiste en particionar en tres bloques temáticos que develen aspectos claves acerca del contexto singular del estudio (formación y conocimiento profesional de los docentes entrevistados y las restricciones institucionales) a partir de los cuales se extraen las notas que constituyen la unidad de análisis, que posteriormente se unirán para establecer la coherencia interna del discurso.

El tercer nivel es la lectura contextual la cual comprende lo que se dice, como se dice y quién lo dice, es decir, se trata de analizar todos aquellos aspectos que rodean las acciones de los sujetos entrevistados. A partir de esta lectura, se pueden extraer tres aspectos importantes de su descripción narrativa: necesidades o problemas detectados, oportunidades del contexto y potencialidades internas. En este sentido, se establecieron

las necesidades y los problemas formativos de los profesores entrevistados, las necesidades y restricciones institucionales para la enseñanza y el aprendizaje del tópico de la naturaleza corpuscular de la materia, así como, el espacio y el tiempo en el que se desarrolla la acción de los profesores entrevistados.

El cuarto nivel es la lectura relacional en el que se extraen las partes del discurso en el que se distinguen y definen las posturas de cada uno de los profesores entrevistados. Para luego, relacionar y compararlos. Se pretende buscar coincidencias, similitudes y diferencias entre los discursos de los entrevistados.

4.5.3 La encuesta a estudiantes

Los datos obtenidos a partir de la aplicación del cuestionario a los estudiantes de grado 9-1 fueron analizados teniendo en cuenta la correspondencia entre las preguntas y sus respuestas, según el tipo de pregunta abierta o de selección con respuesta única o múltiple, se registran los resultados de acuerdo al número de estudiantes que hayan marcado cada ítem seleccionado. Para cada aspecto indagado (1. Aspectos socioculturales. 2. Respecto a la enseñanza de la química. 3. Respecto al aprendizaje de la química. 4. Las concepciones de los estudiantes sobre el tópico específico) se establecieron grupos de respuestas comunes en cada categoría epistemológica, de acuerdo con la fundamentación teórica y epistemológica asumida previamente por el investigador.

El análisis general sintetiza las respuestas que se obtuvieron de los estudiantes en forma porcentual, que dan cuenta de sus principales características; en algunos casos se incluyen respuestas textuales para proporcionar una información completa y de mayor claridad. El análisis de los resultados de los estudiantes permitió categorizarlos e indicar sus porcentajes, aunque ello no revistió en sí mismo un interés cuantitativo.

Respecto al análisis de las preguntas que se recogen en la indagación de concepciones de los estudiantes sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia de acuerdo a Pozo y cols, (1993, 1995, 1998) se analizarán las dificultades específicas para comprender el esquema conservación de la materia, el esquema de la conservación de la masa y el modelo de partículas.

Resultados de la aplicación del cuestionario a los estudiantes

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del cuestionario a los estudiantes permitieron identificar las características de los estudiantes en relación a los aspectos socioculturales, expectativas e intereses acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la química. En adelante se hará descripción detallada de cada uno de los aspectos indagados.

Aspectos socioculturales

Un primer elemento que se aborda en esta encuesta tiene que ver con la identificación de los antecedentes sociales y culturales de los estudiantes. Los resultados arrojaron que los 34 estudiantes encuestados pertenecen a la comuna (20) ubicada en el sur occidente del municipio de Santiago de Cali, es decir, son estudiantes que viven en la zona baja y alta de la ladera de Siloé. Esta zona se caracteriza por tener un estrato sociocultural entre 1 y 3. Adicionalmente, sus familiares no cuentan con contratos laborales formales, sino, que están formando parte de la informalidad (servicio doméstico, vigilancia, plomería, ventas ambulantes, entre otras). De otro lado, no cuentan con una amplia infraestructura vial por lo que el servicio de transporte para ellos se dificulta.

En cuanto al nivel de escolaridad de sus padres, encontramos que el (5.88%) termino la educación primaria; el (58.82%) la educación básica secundaria; los Estudios técnicos solo el (2.94%); estudios superiores el (23.5%); estudios post-graduales de maestría el (2.94%) y, el (5.88%) no tuvo escolaridad.

Los estudiantes de grado 9° de la Institución Educativa se encuentran en un rango de edades entre los 13 – 18 años: 13 años (3%); 14 años (15,2%); 15 años (57,6%); 16 años (18,2%); 17 años (3%) y 18 años (3%). La muestra se caracterizó por estar conformada por (13) mujeres y (21) hombres.

En relación con el interés de los estudiantes por continuar la educación superior encontramos que el 94,11 % desea ir a la universidad a desarrollar sus estudios universitarios, el (2.94%) de ellos no quiere hacerlo, y, el (2.94%) no respondió la pregunta. En este sentido, los resultados nos permitieron comprobar que el proyecto educativo Institucional (PEI) a pesar de estar desactualizado, aún se mantiene la misma tendencia. No obstante, los resultados en los últimos años son más alentadores en cuanto a su nivel de escolaridad y los deseos por acceder a la educación superior.

Sobre la enseñanza de la química

Un segundo aspecto indagado en los estudiantes tiene que ver con las formas de enseñanza y los contenidos enseñados en la escolaridad previa como prerequisites para la enseñanza del tópico de la discontinuidad de la materia.

· *Las formas más frecuentes de enseñanza de la química*

En relación a las formas de enseñanza los resultados permitieron considerar que las actividades educativas desarrolladas en el aula por parte de los profesores de química dejan ver que las (5) formas más frecuentes de enseñar química en orden decreciente de acuerdo a la escogencia fueron: En primer lugar, destacan el trabajo grupal e individual (67.7%), en segundo lugar, una enseñanza que valora el uso educativo de la evaluación (64.7%), en tercer lugar (58,9%), señalan que sus profesores enseñan con buen trato (amor, paciencia, dedicación, tranquilidad, hablando con ellos y los compañeros), en un cuarto lugar, por medio de situaciones problema de fenómenos cotidianos (56%) y en un quinto lugar, de forma profesional, creativa e innovadora (52,9%).

En consecuencia, se podría afirmar que la perspectiva teórica sobre la enseñanza asumida por los profesores de ciencias en la institución educativa podría ser tendiente hacia un enfoque desde el constructivismo sociocultural. Naturalmente, este se caracteriza cuando los aprendizajes son situados en contexto siendo una de las estrategias pedagógicas el uso situaciones problemas de fenómenos cotidianos, entre otras, de acuerdo a los estudiantes los profesores se caracterizan por una enseñanza creativa e innovadora. Hay un énfasis en el aprendizaje guiado y cooperativo, por lo cual los estudiantes se interesan en un profesor que explique y monitoree el trabajo individual y colectivo de los aprendices, consideran que el profesor favorece con su trato a los estudiante un clima de aprendizaje dialógico. Desde este enfoque constructivista la evaluación cobra una gran importancia en los procesos de aprendizaje, en este sentido los estudiantes valoran el uso educativo de la evaluación por parte de los profesores en relación a su carácter dinámico, diverso y en contexto.

· *Los contenidos de química enseñados en la escolaridad previa*

Respecto a los contenidos previamente enseñados, se indica que la selección de los contenidos científicos que se van a enseñar en la escuela primaria y secundaria juegan un papel clave en la enseñanza de la química. Por lo tanto, es imprescindible identificar

cuáles han sido los conocimientos prerequisites que fueron estudiados en la escolaridad previa con el propósito de organizar el currículo vertical y horizontal de la química. Así pues, el análisis a esta pregunta nos arroja una información relevante.

En cuanto a los conocimientos prerequisite estudiados en años anteriores al grado noveno, los estudiantes respondieron de la siguiente manera: En la gran mayoría de los estudiantes en sus respuestas se encuentran que el (76.5%) de los estudiantes recuerda que le enseñaron los elementos químicos, el (70.6 %) refieren al modelo simple de partículas. En un segundo grupo los estudiantes responden en su mayoría que se les ha enseñado el manejo de instrumentos de laboratorio (58.9%), los compuestos químicos (52.9%), reacciones químicas (47.1%), y en porcentaje menor de estudiantes se encuentra que les han enseñado la tabla periódica (35.3%), soluciones (23.5%), fórmulas químicas (23.5%) y estructura atómica (11.8%).

A partir de dichos resultados se pudo verificar que los contenidos estudiados no están alineados con la propuesta de diseño de SEA del tópico de la discontinuidad de la materia, ya que, a pesar de que los tópicos mencionados por los estudiantes no se alejan de los conceptos o nociones del currículo prescrito por las directrices ministeriales, éstas si se alejan de las decisiones de diseño que toma el investigador en cuanto a la necesidad de abordar previo a la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia. De ahí, que para andamiar el aprendizaje conceptual de los tópicos del currículo de química en la escuela secundaria se considere necesario que el profesor tenga en cuenta seleccionar, secuenciar y temporalizar la enseñanza del núcleo conceptual de la discontinuidad.

Siendo la intención del investigador indagar en los estudiantes si los contenidos disciplinares enseñados en años anteriores corresponden a los conocimientos prerequisites que según la literatura en educación en química deben de ser los enseñados previamente. Se consideran conocimientos base las propiedades físicas de la materia y los estados de agregación de la materia, a partir de los cuales se construirían los nuevos conocimientos vinculados al núcleo de la discontinuidad de la materia.

Sin embargo, los resultados obtenidos indican que dichos conocimientos no fueron mencionados por los estudiantes. Esto es notorio puesto que el currículo institucional en cuanto a los contenidos propuestos para los niveles de escolaridad de básica primaria y primeros años de básica secundaria son contenidos que se plantean para la enseñanza,

esto refleja la poca importancia y significancia que han tenido en los aprendizajes logrados por los estudiantes.

Sobre el aprendizaje de la química

El tercer aspecto indagado a los estudiantes fue aspectos vinculados con los aprendizajes de los estudiantes, a partir del cual se obtiene sobre los intereses, expectativas, conocimiento acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la química.

· *¿Para qué quieren los estudiantes que les enseñen química?*

En relación a esta pregunta los estudiantes podían seleccionar según el nivel de importancia las principales finalidades de la enseñanza de la química. De ahí, que se hayan obtenido los siguientes resultados:

La gran mayoría de los estudiantes le asignan un alto grado de importancia al conocimiento de los diferentes elementos que existen en nuestro planeta y al aprender a utilizarlos (76.5%), para ampliar mis conceptos y aprendizaje (76.5%), al aplicar los conocimientos en algo que puede tener una productividad a futuro en un (61.8 %). En un grado intermedio de importancia está en un (44.1%) conocer los procesos que se dan en los cambios atómicos y moleculares de la materia, al mismo tiempo que, interpretar los fenómenos o procesos químicos del mundo. En este mismo grado los estudiantes en un (38.2 %) quieren saber la composición de la materia y en un (35.3%) la del medio en que vivimos al igual que para saber y reconocer compuestos venenosos, tóxicos y peligrosos para el hombre. En último lugar, con un porcentaje mínimo los estudiantes prefieren que les enseñen química para experimentar (29.4%), el (23,5%) para saber las diferentes reacciones con varios elementos y realizar inventos, para tener una mejor calidad de vida con un (14.7%), con un (8.8%) para saber sobre los compuestos, (5.88%) resolver ejercicios y ningún estudiante (0%) desea estudiar química para aprender a despejar ecuaciones.

El interés educativo que tienen los estudiantes por la química muestra un desarrollo especial, ya que, los estudiantes prefieren unos conocimientos que puedan ser aplicados a situaciones y contextos reales en donde éstos puedan ser útiles y productivos. De la misma manera, valoran la disciplina ya que les permite ampliar sus conocimientos para interpretar los fenómenos o procesos de cambio físico y químico a nivel submicroscópico, es decir, a nivel de los cambios atómicos de la materia. Esto nos deja ver la importancia

que ellos le otorgan actualmente a los conocimientos provenientes de la comunidad científica.

· ***Formas de enseñanza de la química valoradas por los estudiantes***

Los estudiantes de grado noveno han indicado como la forma más eficiente de enseñanza al desarrollo de las practicas científicas considerándolas como un valioso instrumento para mediar el aprendizaje (la más destacada es el desarrollo de prácticas de laboratorio, 88.23%). En un segundo lugar, se conserva un fuerte vínculo con la manipulación de sustancias y compuestos químicos marcando un alto interés (58.8%) por el desarrollo de los procedimientos que intervienen en un experimento, lo que destaca el interés por las actividades de corte instrumental directamente emparentadas a un modelo pragmático de enseñanza de las ciencias.

En un tercer lugar, se evidencia que los estudiantes optaron en un (52.94%) por establecer una vinculo sinérgico entre la teoría proveniente del lenguaje social científico y la práctica experimental como otra de las maneras eficientes para acceder al conocimiento y la comprensión conceptual de los tópicos del currículo de la química.

En cuarto lugar, se encuentra que los estudiantes consideran que les enseñaran a partir de la manipulación de compuestos químicos (50%), seguido de un quinto lugar (47.1%), que les enseñaran de manera más comprensible (con métodos más prácticos y útiles en su quehacer).

A partir del análisis a la anterior respuesta, destacamos desde nuestra perspectiva que el desarrollo de las prácticas científicas no puede quedar solo en la implementación de prácticas experimentales. Más bien, en el desarrollo de un conjunto de actividades orientadas al proceso de indagación (desempeño del trabajo científico y la comprensión del conocimiento). Así pues, los estudiantes utilizarían el conocimiento científico en lugar de memorizar un conjunto de pasos algorítmicos en el laboratorio de química.

· ***Dificultades y limitaciones para el aprendizaje de los tópicos del currículo de la química***

Dentro del marco del aprendizaje de los estudiantes se planteó la necesidad de indagar cuales eran las principales dificultades y obstáculos que ellos tenían frente a los tópicos o nociones del currículo de química. De ahí, que los estudiantes en su gran mayoría

consideraron que la dificultad más grande estaba en el desarrollo de los esquemas conceptuales de la química (61.76%) y en el aprendizaje de los conceptos (58.82%), en un segundo lugar, con un (26.47%) los estudiantes consideran que se les dificulta explicar los fenómenos usando el nivel submicroscópico y también, en representar simbólicamente los fenómenos químicos a nivel macroscópico y submicroscópico. Finalmente, una tercera dificultad indicada se encuentra tanto en desarrollar las experiencias prácticas en el aula o en el laboratorio de química (17.6%) como en describir a nivel macroscópico explicar las propiedades físicas de la materia (14.7%).

En este sentido, los resultados nos arrojan la necesidad de atender dichas dificultades conceptuales, epistemológicas y ontológicas a partir de las cuales los estudiantes organizan su conocimiento de sentido común. De hecho, las investigaciones que se han adelantado nos plantean la necesidad de organizar el currículo de la química en torno a los tres núcleos conceptuales de la química a través de los cuales se intenta superar dichas dimensiones de cambio conceptual, ontológico y epistemológico propias del lenguaje científico.

· Intereses de los estudiantes por los contenidos de la química

En relación con los intereses que tienen los estudiantes por conocer acerca de la química encontramos que los resultados arrojados en el cuestionario evidencian un interés general por aprender fórmulas para preparar productos (58.82%). Esto refleja quizás un interés y una aproximación de la comunidad estudiantil por la selección e ingreso a los estudios de la media técnica a partir de las especialidades (ej., procesamiento de alimentos). En el segundo lugar, los estudiantes optaron por elegir el estudio de los procesos químicos (50%) y la estructura del átomo alcanzando un (50%). En tercer lugar, se lo atribuyeron al estudio de los fluidos (41.18%). Como se observa, los porcentajes para el estudio de la discontinuidad de la materia (32.35%), el lenguaje de la química (26.47%) y, el modelo de partículas (17.64%) presentan un interés intermedio.

De ahí, que podamos interpretar que los estudiantes prefieren el estudio de los contenidos que puedan ser útiles y productivos para ellos. Como se mencionaba en líneas anteriores, quizás su interés se deba a la necesidad de mejorar su calidad de vida a través de la inserción en el ámbito laboral o también, al uso de la química para la vida cotidiana. De hecho, los contenidos que brindan la oportunidad de describir, interpretar y representar los fenómenos físicos y químicos del mundo son de preferencia intermedia. Esto puede

ser explicado a causa de que ellos desconocen los propósitos que la investigación educativa le ha otorgado a la enseñanza de la química en la educación primaria y secundaria.

· ***Formas de organizar el aula***

Se destaca la importancia que el campo de la educación en ciencias y en consecuencia, los lineamientos curriculares le asignan a las formas de organizar o estructurar el aula de química. Desde luego, que este también ha sido un principio de diseño clave para lograr la motivación y el interés por estudiar la química, al mismo tiempo, que para el logro de mejores resultados de aprendizaje en los estudiantes singulares. En este sentido, los resultados nos permiten evidenciar que los estudiantes en un (50%) prefieren una organización en pequeños grupos de discusión para la explicitación de sus puntos de vista, mientras que un (41.18%) prefiere las exposiciones grupales. Finalmente, un (29.41%) opta por una rutina de organización en gran grupo.

· ***Aspectos claves para andamiar el aprendizaje de los tópicos del currículo de la química***

Dentro de los aspectos más relevantes para los estudiantes en relación con el interés del campo en la educación en ciencias, en especial de la línea de los estudios de diseño se encuentra la selección por parte del profesor de las estrategias pedagógicas más eficientes para alcanzar los objetivos de enseñanza del contenido específico, y en consecuencia, de la comprensión conceptual e integrada de los tópicos del currículo de la química por parte de los estudiantes. Así pues, se encontró que las respuestas estuvieron focalizadas en cinco aspectos:

- (a) En primer lugar, el (70.59%) de los estudiantes le asignan un nivel (4) de importancia (muy importante) al desarrollo de prácticas científicas, tales como: el planteamiento de hipótesis, elaboración de diseños experimentales y el desarrollo de prácticas experimentales. Seguido del (35.3%) a la explicación de los fenómenos naturales, en un (26.5%) al planteamiento de situaciones problema del mundo real, el (23.5 %) a conocer las ideas previas de los estudiantes y, en un (58.8%) a los conceptos, teorías, definiciones y hechos científicos.
- (b) En segundo lugar, los estudiantes asignan como importante (nivel 3) a los conceptos, teorías, definiciones y hechos científicos en un (26.5%), al

conocimiento de las ideas previas de los estudiantes (47.1%), el (50%) al planteamiento de situaciones problema del mundo real, asimismo, a la explicación de los fenómenos naturales (38.23%) y el (14.7%) al desarrollo de prácticas científicas, tales como: el planteamiento de hipótesis, elaboración de diseños experimentales y el desarrollo de prácticas experimentales.

- (c) En un tercer lugar, los estudiantes consideran de poca importancia (nivel 2) a los conceptos, teorías, definiciones y hechos científicos en un (5.9%), al conocimiento de las ideas previas de los estudiantes (8.8%), al planteamiento de situaciones problema del mundo real (8.8%), asimismo, a la explicación de los fenómenos naturales (14.7%) y el (0%) al desarrollo de prácticas científicas, tales como: el planteamiento de hipótesis, elaboración de diseños experimentales y el desarrollo de prácticas experimentales.
- (d) En un último lugar, los estudiantes que consideran sin importancia. Es decir, le asignan un valor porcentual de (2.9%) a todos los ítems (los conceptos, teorías, definiciones y hechos científicos en un al conocimiento de las ideas previas de los estudiantes, al planteamiento de situaciones problema del mundo real, a la explicación de los fenómenos naturales y al desarrollo de prácticas científicas, tales como: el planteamiento de hipótesis, elaboración de diseños experimentales y el desarrollo de prácticas experimentales.

- ***Concepciones alternativas de los estudiantes acerca del tópico de la naturaleza corpuscular de la materia y esquemas conceptuales de la química***

Se presenta finalmente un cuestionario que tiene como propósito indagar las concepciones alternativas respecto a tres aspectos claves: los esquemas conceptuales de conservación de la materia y la masa y por el otro, el modelo de partículas. Las primeras preguntas se ubicaron en una misma categoría (1) para identificar las dificultades que tienen los estudiantes para comprender el esquema de la conservación de la materia en los cambios de estado y en el contexto de la vida cotidiana. De ahí, que se haya realizado el análisis de las primeras dos preguntas:

- ***Categoría 1: Conservación de la materia: Dificultades específicas para comprender la conservación de la materia: los cambios de estado en contexto de vida cotidiana (Pozo y cols, 1993)***

Preguntas 1 y 2

Cuando en el aula de química se habla de propiedades físicas de la materia desde el punto de vista del lenguaje social científico, los conceptos de masa y sustancia están íntimamente relacionados y dependen de los cambios en las propiedades no observables de la materia. No obstante, para muchos de los estudiantes de educación secundaria significan dos problemas distintos que tienen poca o ninguna relación. Por tanto, estos los abordan de forma distinta, de hecho, sus dificultades se encuentran en función del *“contenido abordado y del contexto en que estos se presentan”*. Así pues, podemos observar que cuando se les presenta un fenómeno como los cambios de estado en el contexto de la vida cotidiana a los estudiantes les resulta más fácil comprender la conservación de la sustancia que la conservación de la masa. Mientras, que las reacciones no evidencian ninguna diferencia en relación al contexto.

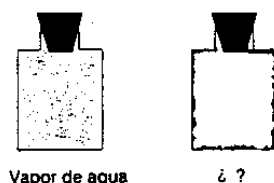
De modo general, las investigaciones sobre las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria (12 a 18 años) nos muestran que las interpretaciones que ellos hacen sobre la conservación de la sustancia se ve más afectada por el contenido (ej., si está centrado en las disoluciones, las reacciones o los cambios de estado) que las relacionadas con la conservación de la masa. Según la literatura, esto tiene sentido ya que los estudiantes en su escolaridad pueden haber estado permeados por una enseñanza basada en establecer cálculos o relaciones de tipo cuantitativo. De tal manera, cuando se analiza el nivel de comprensión de los estudiantes sobre la conservación de la materia, por ser ésta más distante del contexto escolar, resultan más interpretaciones de tipo cotidiano para explicar el fenómeno.

Por tal motivo, se hace clave comprender la conservación de la sustancia. En este sentido, los estudios de Pozo y cols, 1993 y Gómez Crespo y cols, 1995) proponen clasificar las concepciones sobre conservación de las sustancias implicadas en los distintos cambios de la materia a partir de cinco categorías interpretativas que contribuyen a organizar y comprender estas de la siguiente manera:

- a. Interacción (I): Las sustancias interactúan para formar una nueva.
- b. Desplazamiento (D): Las sustancias aparecen o desaparecen después del cambio.
- c. Transmutación (T). Una sustancia se transforma en otra sin necesidad de interacción.

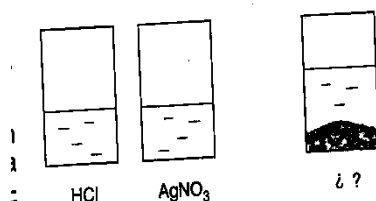
- d. Modificación con identidad (MI): La sustancia modifica su apariencia pero sigue siendo la misma.
- e. Modificación de la cantidad (MC): La sustancia sigue siendo la misma pero varía su cantidad.

Pregunta 1. En la figura siguiente tenemos un frasco de cristal que contiene vapor de agua. Introducimos el frasco en el congelador de la nevera para que se enfríe. Lo sacamos al cabo de un rato y observamos que ahora hay un sólido (hielo) depositado en las paredes y en el fondo. ¿Qué crees que ha ocurrido con el vapor?



Opción de respuesta	Total de estudiantes	%
a. El vapor y el hielo son la misma sustancia, pero ahora tenemos distinta cantidad.	0	0%
b. El vapor se ha transformado en una nueva sustancia totalmente diferente, el hielo.	2	5.9%
c. El vapor ha desaparecido, el hielo ya estaba dentro del frasco.	1	2.9%
d. El vapor y el hielo son la misma sustancia, solo ha habido un cambio de aspecto.	21	61.8%
e. Ha habido una interacción entre el vapor y el aire para formar una sustancia diferente, el hielo.	10	29.4%
Total	34	100%

Pregunta 2. Tenemos dos vasos A y B que contienen ácido clorhídrico (HCl) y nitrato de plata (AgNO₃), ambas sustancias son líquidos transparentes. Se vierte A y B y se agita, tiene lugar una reacción química. Se observa que en el fondo del vaso aparece una sustancia sólida de color blanco. ¿Qué crees que ha ocurrido?



Opción de respuesta	Total de	%
---------------------	----------	---

	estudiantes	
a. Una de las dos sustancias ha cambiado y se ha transformado en el sólido blanco.	0	0%
b. El sólido blanco sigue siendo las sustancias A y B concentradas en el fondo del vaso, sólo han cambiado de aspecto.	11	32.4%
c. Ha habido una interacción entre las sustancias A y B para formar una sustancia diferente, el sólido blanco.	22	64.7%
d. El sólido blanco sigue siendo las sustancias A y B concentradas en el fondo del vaso, pero hay distinta cantidad.	1	2.9%
e. A y B ya no están en el vaso. El sólido blanco es algo que llevan mezclado o que ya estaba en el vaso al principio.	0	0%
Total	34	100%

Categoría 2: El uso del modelo corpuscular (Pozo y cols, 1993,1999)

En esta categoría se incluyen las preguntas 3 y 4 en las que se plantean situaciones o fenómenos cotidianos acerca de la estructura de la materia y las opciones de respuesta están planteadas para dar interpretaciones de tipo explicativo y descriptivo.

Preguntas 3 y 4.

Estas preguntas están elaboradas de tal manera que correspondan las cuatro opciones con cuatro categorías de respuesta definida **a.** Respuesta microscópica correcta; **b.** Respuesta macroscópica correcta; **c.** Respuesta macroscópica incorrecta y **d.** Respuesta microscópica incorrecta (Pozo y cols, 1993).

Las investigaciones realizadas acerca de la utilización del modelo corpuscular por parte de los estudiantes en las explicaciones que dan, se muestra que existe un porcentaje importante de ellos que presentan dificultades para comprender que la materia tiene una naturaleza corpuscular o discontinua. En consecuencia, gran parte de ellos, no utilizan dicho modelo teórico en sus explicaciones de nivel submicroscópico. De otro lado, se evidencia que los estudiantes solo activan el modelo cuando se les presenta una tarea que

los induzca de forma explícita a explicarlo a través de una tarea o según el contexto en que se presenta.

De este modo, ante preguntas que recogen situaciones o fenómenos cotidianos acerca de la estructura de la materia y en la que sus opciones de respuesta inducen de algún modo este tipo de respuestas en la que se alternan respuestas macroscópicas con respuestas en términos del modelo corpuscular, es decir, que están presentadas teniendo en cuenta los formatos descriptivo y explicativo (Pozo y cols, 1993) los estudiantes aumentan sus respuestas de nivel submicroscópico. No obstante, estas pueden estar acompañadas de otras interpretaciones basadas en sus concepciones de sentido común, de manera, que éstas pueden estar mezcladas entre la nueva información resultado de una interpretación científica y sus propias concepciones.

<i>Pregunta 3. Tenemos un recipiente lleno de aire y le ponemos un globo en la boca. Calentamos el recipiente y vemos cómo se va hinchando el globo. ¿Por qué crees que se ha hinchado el globo?</i>		
Opción de respuesta	Total de estudiantes	%
a. Las partículas de aire están más separadas unas de otras y por eso ocupan más espacio.	9	26.5%
b. Con el calor el aire se dilata, ocupa más espacio, por eso el globo se hincha.	13	38.2%
c. Con el calor el aire se concentra en la parte de arriba, en el globo.	7	20.6%
d. Las partículas de aire se dilatan con el calor y, al aumentar el tamaño, de tamaño necesitan más espacio.	5	14.7%
Total	34	100%

<i>Pregunta 4. Cuando dejamos un balón al sol observamos que al cabo de un rato está más hinchado. ¿Por qué crees que ocurre esto?</i>		
Opción de respuesta	Total de estudiantes	%
a. Porque con el calor las partículas de aire que están dentro del balón se mueven más de prisa, ocupan más espacio y el balón se hincha.	2	5.8%
b. Porque con el calor el aire presente en el interior del balón sufre una dilatación, ocupando más espacio y el balón se hincha.	9	26.5%

c. Porque el calor hace que aumente la cantidad de aire que hay en el interior del balón y por eso está más hinchado.	3	8.8%
d. Porque con el calor las partículas de aire que están dentro del balón se dilatan, necesitan más espacio y por eso el balón se hincha	20	58.9%
Total	34	100%

En consecuencia, se puede evidenciar que los estudiantes de grado 9-1 también presentan en un alto porcentaje una asimilación acrítica y superficial del modelo corpuscular, en la que le otorgan propiedades materiales a las partículas. En este sentido, sus concepciones están epistemológica signadas por un realismo ingenuo o interpretativo de la materia. Ontológicamente se podría afirmar que sus modelos alternativos se basan todavía en la existencia de estados para los sistemas pero aún presentan dificultades en lograr explicar un cambio químico en términos de relaciones entre los elementos de un sistema. Entre tanto, conceptualmente, los cambios y transformaciones químicas serían explicados estableciendo relaciones causales lineales ocasionadas por agentes externos, en donde las partículas son vistas como un sistema en interacción unidireccional (una partícula provoca el cambio de la otra) en vez de percibir las como un sistema de constante interacción entre partículas.

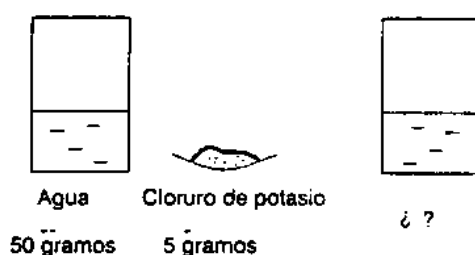
· **Categoría 3: Conservación de la masa**

Preguntas 5 y 6

Para llegar a hacer un análisis de las concepciones que los estudiantes tienen acerca de la conservación de la masa se ha determinado que éstas dependen de tres categorías claves: (1) la *percepción* que tienen ellos del problema. Es decir, que sus respuestas se fundamentan en aspectos observables en los cambios de la materia inicial y final en donde se centran en explicar lo que ha cambiado y no lo que permanece (Pozo y cols, 1991). Por tanto, los estudiantes llegan a aceptar mucho más fácil la conservación de la masa cuando ellos perciben algún indicador de la sustancia original (lo que ocurre por ejemplo, con el fenómeno del café). (2) el *contexto* en que se presenta la tarea (químico o de la vida cotidiana). Es decir, si se trata de cambios de estado o reacciones químicas el contexto no tiene mucha incidencia en sus respuestas.

Ahora bien, en el fenómeno de la disolución la conservación de la masa es más probable, si esta dado en el contexto químico que en la vida cotidiana puesto que este tópico está más relacionado con el contexto escolar en el que éste se presenta en forma generalmente cuantitativa (a partir del estudio de las soluciones, masa del soluto y solvente, concentraciones, entre otras). (3) La última categoría hace referencia al punto de vista de los *contenidos*. Esto quiere decir que la conservación de la masa puede ser comprendida más fácilmente a través de tareas de disolución que cuando se estudian los cambios de agregación de la materia debido a que dependiendo del cambio (sólido, líquido o gaseoso) los estudiantes asumen un aumento o disminución de la masa. Por tal razón, si la materia sufre un cambio de apariencia observable (preguntas 5 y 6) los estudiantes generalmente utilizan en sus respuestas categorías en las que hay un aumento o disminución de masa en función del cambio de dicha apariencia. No obstante, si se trata de una disolución, la tendencia se mantiene en torno a la conservación, ya que, el estado observable de la materia no suele cambiar, mientras que si el estado final es gaseoso bien sea en una disolución o una reacción, este se asociaría a un cambio cuantitativo de la masa. En relación al tópico de las reacciones químicas la comprensión de este esquema conceptual es de nivel es intermedio.

Pregunta 5. El dibujo te muestra un vaso que contiene exactamente 50 gramos de agua y una sustancia química de color blanco (cloruro de potasio, KCl) cuya masa es exactamente 5 gramos. Si echamos el cloruro de potasio en el agua y removemos hasta que se disuelve totalmente, se obtiene una solución transparente.

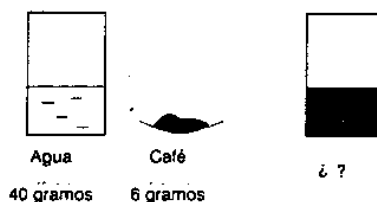


Opción de respuesta	Total de estudiantes	%
a. 50 gramos.	1	2.9%
b. Un valor comprendido entre 50 y 55 gramos.	26	76.5%
c. 55 gramos	3	8.8%
d. Más de 55 gramos.	4	11.8%

Total	34	100%
--------------	-----------	-------------

Pregunta 6. El dibujo muestra un vaso que contiene 40 gramos de agua y 6 gramos de café soluble.

Si echamos el café en el agua y removemos hasta que se disuelve totalmente se obtiene una disolución de color oscuro. ¿Cuánto crees que pesará ahora el contenido del vaso?



Opción de respuesta	Total de estudiantes	%
a. 40 gramos	8	23.5%
b. Un valor comprendido entre 40 y 46 gramos.	20	58.8%
c. 46 gramos	2	5.88%
d. Más de 46 gramos.	4	11.7%
Total	34	100%

Análisis a las preguntas 5 y 6:

En este sentido, las preguntas 5 y 6, están focalizadas para analizar las concepciones de los estudiantes de grado (9-1) frente a los esquemas de la conservación de la masa. Así, tenemos dos preguntas que vinculan las tres categorías descritas por Pozo y cols., (1993) percepción, contexto y contenidos. Así pues, estas han incidido en de los resultados de las respuestas que nos arrojan el cuestionario. De hecho, se evidencia que las dos preguntas están inmersas en la categoría de contenido y diferenciadas en el contexto, mientras la pregunta 5 se encuentra en el químico, la otra se ubica en el contexto de la vida cotidiana (pregunta 6).

En cuanto a las respuestas dadas por los estudiantes en la pregunta (5) el (23.5% y el 11.7%) consideran que la masa no se conserva en una disolución. Es decir, que asumen que hubo un aumento o disminución de la masa. Finalmente, el 5.8 % de los estudiantes creen que la masa se conserva, no obstante, dejan de asumir el reordenamiento de las partículas de ambas sustancias. Mientras que en un (76.5%) los

estudiantes además de considerar que la masa se conserva, asumen la reorganización de las partículas en la disolución. Es posible, que interpreten desde su conocimiento personal que aunque la masa se conserva en las disoluciones, la cantidad de masa disminuye debido a la reorganización de las partículas del agua y de cloruro de potasio. Asimismo, ocurre con el agua y el café. Ahora bien, ya que la pregunta es cerrada, ésta no nos permite conocer las interpretaciones de nivel explicativo que le darían a dicha situación.

Categoría 4: Conservación de Propiedades no observables y naturaleza particulada en los cambios físicos y químicos de la materia.

En esta categoría se incluyen las preguntas 7, 8 y 9 en las que se plantean situaciones o fenómenos en los que ocurren transformaciones o procesos de cambio físico y químico. Las opciones de respuestas se encuentran configuradas para dar interpretaciones de tipo explicativo y descriptivo.

Preguntas 7, 8 y 9.

Pregunta 7. Un cable metálico tiene las siguientes propiedades: conduce la corriente eléctrica; color café; maleable. Ahora el cable es calentado en un recipiente vacío y limpio, hasta que éste se evapora. Así, el resultado de este proceso es un gas que tiene las siguientes propiedades: color amarillo; olor picante; ataca los plásticos. Supón que puedes aislar un solo átomo del cable metálico. ¿Cuál de las siguientes propiedades no es del átomo?

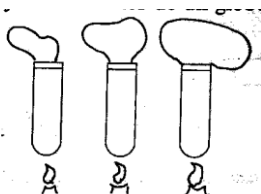
Opción de respuesta	Total de estudiantes	%
a. Conduce corriente eléctrica.	8	23.5%
b. Los átomos están cercanos.	8	23.5%
c. Su energía es menor que cuando están en la fase líquida.	12	35.3%
d. Posee un mayor grado de organización.	6	17.7%
Total	34	100%

Pregunta 8. Supón que puedes aislar un átomo desde las sustancias en estado gaseoso. ¿Cuál de estas propiedades puede tener este átomo?

Opción de respuesta	Total de estudiantes	%
a. Olor irritante	10	29.4%
b. Alta energía.	15	44.1%

c. Ataca a los plásticos	8	23.6%
d. Color amarillo.	1	2.9%
Total	34	100%

Pregunta 9. Cuando un objeto se calienta aumenta de tamaño. A este fenómeno lo llamamos dilatación. Es lo que ocurre, por ejemplo, cuando calentamos aire que hay en el interior de un globo y el tubo de ensayo.



Opción de respuesta	Total de estudiantes	%
a. Al calentar, aumenta el número de partículas. 	6	17.6%
b. Al calentar se agitan más intensamente las partículas y aumenta la distancia entre ellas. 	18	53.0%
c. Al calentar, aumenta el tamaño de las partículas. 	10	29.4%
d. Ninguno de los anteriores.	0	0%
Total	34	100%

Análisis a las preguntas 7, 8 y 9:

Para el análisis a estas preguntas hacemos uso de los criterios de clasificación de (Benarroch, 2000). Según estos criterios las respuestas de los estudiantes se analizan en torno a (5) niveles explicativos que se describen a continuación:

Tabla 3. Niveles explicativos en la construcción del conocimiento sobre la estructura de la materia, según Benarroch.

I. No hay esquemas explicativos directamente relacionados con lo microscópico. Sus esquemas son exclusivamente continuos.
II. Primeras explicaciones microscópicas fundamentadas en elementos percibidos (burbujas, huecos, partículas, etc.)
III. Explicaciones corpusculares con huecos entre partículas (huecos llenos de materia).
IV. Explicaciones corpusculares con vacío entre partículas (huecos vacíos).
V. Explicaciones corpusculares con vacío, movimiento e interacciones entre partículas.

Figura tomada de Trinidad-Velasco, R., & Garritz, A. (2003).

De ahí, que con relación a las respuestas dadas por los estudiantes se puede plantear que los estudiantes comienzan a tener explicaciones en un nivel (5), es decir, interpretaciones corpusculares con vacío, movimiento e interacciones entre las partículas. No obstante, esto puede ser interpretado a causa de que los estudiantes ante el contexto de la tarea podrían haber seleccionado la respuesta que tenía una interpretación de carácter más científico. Finalmente, este análisis contribuye al hecho de la necesidad de continuar con el estudio de los tópicos del currículo de la química a partir del estudio del núcleo conceptual de la materia el cual permite la construcción del modelo corpuscular de la materia en los estudiantes de grado noveno.

Resultados de la entrevista a docentes

A partir de los resultados obtenidos de la entrevista realizada a los dos docentes que se desempeñan en el área de ciencias naturales en la institución educativa y en particular en la enseñanza de la química se logra caracterizar los docentes en cuanto a la formación

profesional, conocimiento y experiencia docente. Además, de las restricciones institucionales para la enseñanza de la química.

Respecto a la formación profesional del docente se indica que las profesoras a quienes se les ha asignado un código (en adelante, D1 y D2), cuentan que:

La docente (D1) tiene una formación profesional de licenciada en biología y química. Adicionalmente, ha desarrollado dos especializaciones “*Una en pedagogía ecológica y otra en especialista de informática educativa*”. No obstante, ella considera que no es especialista en la enseñanza de la química.

La docente (D2) cuenta con una experiencia profesional de (6) años y con una formación profesional de licenciada en biología y química: “*Mi formación es licenciatura en biología y química, área mayor biología y, no tengo especialización para la enseñanza de química*”.

Por tanto, los resultados que arroja este interrogante nos permite informar el Design Brief en cuanto a la formación profesional de los profesores del Área de Ciencias Naturales, ya que, el análisis a los documentos institucionales no contenía dicha información. Así pues, el instrumento fue pertinente para evidenciar que existen serias dificultades al momento de enseñar los tópicos del currículo de la química a los estudiantes de básica secundaria (6° a 9°), ya que, ellos no están iluminados e informados por los marcos teóricos actualizados que subyacen a la enseñanza y al aprendizaje de los tópicos del currículo de la química, ni tampoco, a los derivados de la psicología cognitiva.

Sobre el conocimiento de los docentes respecto a la enseñanza-aprendizaje de la química

¿Hay alguna característica de la experiencia profesional de los profesores que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la enseñanza?

La docente (D1) explicita que no sabría decir cual característica debe ser tomada en cuenta para la planificación de la enseñanza: “*Pues, no te sabría decir en este momento como que característica especial... no sabría decirte la verdad no*”. Mientras que la docente (D2) expresa que ella entiende que la característica debe ser la creatividad, es decir, el amor por hacer cosas nuevas en el aula y por implementar nuevas estrategias de enseñanza. *Ella explicita textualmente, “yo pienso que es como la creatividad como ese amor que hay para estar buscando siempre lo nuevo y como integrar en nuevas estrategias a la enseñanza, la entiendo así”.*

En este sentido, se puede demostrar que los docentes (D1 y D2) no cuentan con los conocimientos de cómo organizar y jerarquizar las grandes dificultades con que se enfrentan los estudiantes para el aprendizaje de la química a saber: los tres núcleos

conceptuales³²; los principios, esquemas y los niveles de representación de la química; así como, las concepciones alternativas que se generan producto de las teorías intuitivas y de sentido común. No obstante, la enseñanza y el aprendizaje en estos grados es tratada por ellos con un mayor nivel de detalle en los procesos biológicos y ambientales y en menor grado, en los procesos físico-químicos. Por lo cual, se manifiesta que éstos han estado tratados como aspectos meramente disciplinares y representados como hechos o datos. Adicionalmente, para su interpretación ellos usan los modelos descriptivos, explicativos y simbólicos como sistemas de representación de los fenómenos cotidianos carentes de una diferenciación e integración entre ellos. En consecuencia, es posible considerar que los estudiantes no logran movilizar dichos modelos en sus interpretaciones de los fenómenos cotidianos.

- *¿Qué expectativas tiene usted de la enseñanza de la química?; ¿Qué intereses o motivaciones tiene usted cuando planea la enseñanza de la química?,*

La Docente (D1) explicita que sus expectativas están centradas en la claridad que debe imprimir el maestro cuando enseña los tópicos de la química debido a las dificultades propias de la disciplina: el alto nivel de complejidad y abstracción de ésta, ella lo manifiesta cuando afirma *“eso siempre el muchacho tiende a confundirlo porque lo que ellos no ven, no evidencian”*...

En el mismo sentido, la docente (D2) expresa que sus intereses están focalizados en hacer que la disciplina logre impactar la cotidianidad de los estudiantes. Es decir, que la enseñanza de la química debe ser un instrumento para que los aprendices logren desenvolverse en el mundo de hoy. Por tanto, la finalidad de la enseñanza de la química sería la de integrar los conocimientos conceptuales provenientes de las directrices ministeriales con la vida de los aprendices a partir de la selección de situaciones problemáticas que involucren casos o fenómenos del mundo natural.

Esto indica que mientras para la D1 sus expectativas están localizadas en que la enseñanza de la química debe permitir a los estudiantes una comprensión conceptual e integrada de los tópicos del currículo que tienen un mayor nivel de complejidad y abstracción, la D2 indica que sus expectativas se encuentran direccionadas a alcanzar la alfabetización científica.

- *¿Cuáles de las expectativas deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la enseñanza?,*

³² Cabe recordar que son tres núcleos o estructuras conceptuales a conocer: la naturaleza corpuscular de la materia, la conservación de propiedades de la materia y las relaciones cuantitativas.

La docente (D1) considera que la principal expectativa es la de tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes, ya que con ello, se atienden sus intereses y motivaciones por el aprendizaje de la química. Ahora, la docente (D2) piensa que los aprendizajes deben favorecer a los estudiantes en cuanto tienen sentido en su vida cotidiana. Además, que los contenidos o procedimientos que ellos aprenden en el aula, deben generar motivación y deben ser en sí mismos una herramienta para resolver las situaciones de su cotidianidad y del mundo en el que viven.

De ahí, que podamos concluir que los docentes de la institución educativa cuentan con expectativas e intereses distintos. Aunque éstas apoyan su acto educativo, no son suficientes para diseñar la enseñanza según los marcos teóricos y metodológicos de los estudios provenientes de la investigación de diseño. Es decir, que el diseño debe incluir otros principios claves (selección y secuenciación del contenido científico, concepciones alternativas, objetivos de enseñanza del tópico específico, demandas de aprendizaje, diferenciación e integración del lenguaje multinivel, esquemas conceptuales, estrategias pedagógicas propias de la educación en química, entre otras).

- *¿Qué elementos del conocimiento profesional del profesor cree usted deben ser tenidos en cuenta para el diseño de la planificación de las clases de química?,*

La docente (D1) describe como elemento del conocimiento profesional del profesor, la identificación de las ideas previas. Mientras que la (D2) hace referencia al cuerpo de conocimientos provenientes del campo de la didáctica que debieron ser proporcionados en la formación universitaria junto con la experiencia profesional del profesor. Adicionalmente, afirma que los docentes en ejercicio deben ser cualificados por la universidad pero estos se están quedando cortos...“*tenemos que leer sobre teorías debemos... leer sobre... capacitarnos en... de pronto la universidad se queda corta en esa parte de la didáctica*”.

Respecto a lo anterior, se puede apreciar que los profesores entrevistados no explicitan en sus respuestas otros conocimientos que hacen parte de la base del conocimiento para la enseñanza (Shulman, 1987).

- *¿Qué perspectiva teórica sobre el aprendizaje asume usted para la enseñanza y aprendizaje de la química en el aula?,*

La Docente (D1) plantea que ella desarrolla su acto educativo está orientado por una teoría constructivista en la que tanto profesor y estudiante construyen el conocimiento escolar derivado del lenguaje social científico. Así pues, afirma que

desde esta postura se deben tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes y al mismo tiempo en el aula de química debe converger el conocimiento disciplinar, del estudiante y del profesor. Mientras, que para la docente (D2) la perspectiva teórica hace referencia al conjunto de estrategias que debe llevar a cabo un profesor para apropiarse de los marcos teóricos (documentos teóricos y libros de texto de secundaria) a los cuales se debe recurrir para planear la enseñanza de un tópico específico: *por mi falta de experiencia lo reconozco y por mi falta de formación fui demasiado tradicionalista, la estrategia que utilice fue irme a leer me compre nuevamente los textos universitarios buscar cómo adaptarlos al contexto escolar pero la verdad fue una experiencia que me parece limitada”*.

Al hacer el análisis se puede argumentar que la Docente (D1) de la institución educativa da cuenta de la perspectiva teórica asumida no solo por ella, sino por todo el equipo de docentes del Área de ciencias naturales. No obstante, no hace explícito desde que enfoque del constructivismo está asumiendo la enseñanza y el aprendizaje de la química en esta institución. Ahora bien, la docente (D2) llega a la institución en el 2009 asumiendo dicha postura y, como parte del desarrollo de su práctica educativa junto con el apoyo de sus pares académicos poco a poco ha ido fundamentando su conocimiento profesional.

- *¿Consideras que los marcos teóricos y metodológicos del campo de la educación en ciencias juegan un papel clave en el diseño de la planificación de la enseñanza?*

Tanto la Docente (D1 como D2) encuentran clave para el diseño de la planificación de la enseñanza fundamentar su toma de decisiones curriculares e instruccionales. No obstante, la docente (D2) argumenta que hay un desconocimiento de ellos y que aunque las Universidades hacen un esfuerzo para cualificarnos en el diseño de la enseñanza estos por diversas causas, siguen siendo insuficientes.

Sin duda alguna, los docentes entrevistados valoran la importancia de los conocimientos que nos aporta el campo de la Educación en Ciencias. Esto se justifica cuando las docentes manifiestan: D1: *“Si por supuesto hay que tenerlos en cuenta es importante esos*

aportes que nos han dado pues los teóricos con los pedagogos y cada día irse perfeccionando y mejorando para apoyar más a nuestros estudiantes y que adquieran realmente un conocimiento” y, D2: “Claro, son clave y son supremamente importantes, el problema es que no los conocemos o no los estudiamos a profundidad para hacer la planeación por cuestión de que hay que entregar la tarea de que los tiempos para la planeación y capacitación no son los acordes”. No obstante, dejan evidenciar la falta de apropiación de los mismos para el diseño de la enseñanza de tópicos del currículo de la química. Bien sea, a través de procesos de autoformación o de cualificación docente.

- *¿Cuáles crees que son las dificultades que presentan los estudiantes de grado noveno cuando se enfrentan al aprendizaje de los tópicos del currículo de la química?*
- *Para ambas Docentes (D1) y (D2), las dificultades de los estudiantes para el aprendizaje de los contenidos de química están localizados en el nivel de abstracción que tiene la disciplina. Es decir, en el uso de modelos teóricos de ciencia ya que éstos por su caracterización abstracta no logran ser representados por los estudiantes a través de su sistema sensorial y conocimiento de sentido común. Esto se reafirma cuando las Docentes explicitan: “El hecho de no poder ver una partícula, el hecho de no creer en lo que no ven es algo que para ellos es como un poco traumático y que nos ha ocurrido a todos hasta nosotros desde que estudiábamos la química y, “Las dificultades que presentan los estudiantes del grado séptimo y noveno frente a las ideas de la química es que todas las representaciones las traen macro, no han tenido como esa aproximación les cuesta pensar en una partícula y pensar que esa partícula nadie la ha visto sino que es un modelo y qué es una representación y que puede cambiar entonces algunos dicen pero si nadie la ha visto de dónde sacaron el modelo para ellos estudiar algo que es tan abstracto por su edad de 12 o 13 años es bastante complejo”.*

De lo anterior, queda afirmar que las docentes no mencionan otras dificultades para el aprendizaje de los tópicos del currículo de la química a saber: complejidad del tópico, falta de integración del lenguaje multinivel, carencia de otros sistemas de representaciones (ej., modelos analógicos), falta de desarrollo de los esquemas conceptuales de la química, las formas en que los estudiantes organizan el conocimiento.

- *¿Qué contenidos del currículo de la química usted les enseñaría a los estudiantes de grado noveno?*

Las docentes de ciencias en la básica secundaria consideran que el contenido estructurante que les enseñarían a sus estudiantes es el de la discontinuidad de la materia o las partículas. Adicionalmente, este tópico o núcleo estructurante debe ser enseñado teniendo en cuenta una organización del currículo horizontal y vertical. Es decir, de grado sexto a noveno en un nivel de complejidad ascendente. Adicionalmente

como lo manifiesta la docente (D1) “este es un núcleo que cimienta las bases de la química. De hecho, éstas afirmaciones sustentan lo descrito: “Lo que tiene que ver con la discontinuidad de la materia el manejo de las partículas, para mi sería lo primero porque a partir de allí se construye es como la base los cimientos de la química” “y la docente (D2): “en ese sentido en séptimo se está trabajando en el concepto de lo de partículas, como las partículas entran a formar los átomos, las moléculas ya dentro de la célula como están ellos en el ADN, en el núcleo cómo interactúan. Se trabaja lo de los estados y algunas interacciones pero no se está trabajando elementos, compuestos, está planeado pero en la ejecución real no se está alcanzando a manejar”.

- ¿Qué concepciones alternativas sostienen los estudiantes cuando se enfrentan al aprendizaje de los tópicos del currículo de la química?; ¿Qué principios o esquemas estructuran el conocimiento científico?
- Se encontró que en el caso de la docente (D1) no recuerda ninguna en particular. Mientras que la docente (D2) se focaliza en una situación problematizante particular en la que abordaba el tópico de la contaminación atmosférica. Ella describe que los estudiantes sostienen que “el oxígeno era todo”. Vale la pena destacar, que ella, hace referencia más a los conocimientos previos que a las concepciones alternativas de los estudiantes frente a un tópico específico de la química. De ahí, que se evidencie que no posee un amplio compendio de concepciones acerca del núcleo de la discontinuidad de la materia ni de sus conceptos asociados.

Sobre la experiencia profesional como docente en química

- ¿Cuál es el tiempo de experiencia como profesor de ciencias en ejercicio?
- La docente (D1) tiene una experiencia de (20) años y la docente (D2) cuenta con una experiencia profesional de (6) años. Con relación a lo anterior, podemos indicar que la experiencia hace parte del conocimiento profesional del profesor de ciencias. Es decir, que él cuenta con un repertorio de experiencias y conocimientos del contexto en el que se desarrolla profesionalmente, los cuales inciden en la calidad del diseño del proceso de enseñanza y aprendizaje de la disciplina por sé. No obstante, estas deben estar orientados por los marcos teóricos y metodológicos del campo de la educación en ciencias (el diseño de entornos de enseñanza-aprendizaje de la química).
- ¿Cómo organizas o gestionas el aula de ciencias?,

En relación con la organización o gestión del aula de química. Las docentes (D1) especifica que “parte de situaciones problema pues inicialmente los estudiantes hacen una lectura individual luego los formo en equipos de trabajo hay discusión en grupo hacen sus aportes los chicos a nivel grupal nombran su líder y luego entre todo el grupo vamos construyendo el conocimiento”. En tanto que la docente (D2) destaca que parte de la lectura del diario de clase y a través de él se van direccionando las tareas problema que ha diseñado para resolver con sus estudiantes. De hecho, el diario es el

instrumento que permite desarrollar las competencias comunicativas y lingüísticas ya que a medida que lo leen socializan sus interpretaciones. Adicionalmente, usan los recursos digitales como una estrategia pedagógica que contribuye a la comprensión conceptual de los tópicos.

Se observa que aunque las docentes han asumido una gestión del aula coherente con una perspectiva constructivista sociocultural, su conocimiento profesional es implícito en cuanto a que este se encuentra direccionado más por el conocimiento empírico proveniente del conocimiento pedagógico de los profesores más expertos en el área de ciencias naturales, que por estar éste informado por los marcos teóricos y metodológicos del campo de la enseñanza de la química. Por tanto, ellas no cuentan con un marco teórico sólido derivado de la pedagogía general y específica (serie de rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza) necesarios para enseñar ejemplarmente los tópicos del currículo de la química. Además, que sean consistentes con la serie de actividades de enseñanza planteadas con el propósito deliberado de que los estudiantes alcancen una comprensión conceptual e integrada de los tópicos del currículo de química.

*¿Cuándo enseñas ciencias habitualmente desarrollas prácticas experimentales?
Las docentes respondieron a la anterior pregunta de la siguiente manera:*

La docente (D1) expresa que poco desarrolla las prácticas experimentales ya que ella no enseña química. La docente (D2) plantea cual es la finalidad de éstas en su planificación de la enseñanza: “Para mí, la practica experimental entonces tiene una guía donde partimos eso, del modelo inicial, las ideas previas de los estudiantes, como que ellos hagan una predicción de que esperarían se hace un procedimiento en el que se toman unos resultados y después analizan esos resultados construyen sus conclusiones y presentan pues su trabajo, ehh...entonces se compara eso que ellos concluyeron con el modelo científico. Entonces, a ver que tanto se aproximaron y que podríamos complementar”. Adicionalmente, destaca la necesidad de que los profesores sean cualificados para el diseño de éstas.

De ahí, que se puede analizar que el desarrollo de las practicas experimentales son tipificadas principalmente como el desarrollo de experiencias de laboratorio, especialmente por la docente D1. En cuanto a la docente (D2) se evidencia positivamente los propósitos de esta importante estrategia pedagógica. No obstante, su diseño o adaptación requiere de un fundamento pedagógico que aporte a establecer diferentes tipos de rutinas, técnicas, estrategias pedagógicas que permitan atender los objetivos de enseñanza del contenido específico planteados por los intereses e intenciones del profesor.

· *¿Qué tipo de prácticas experimentales desarrollas en el aula con los estudiantes?*
*En relación con el tipo de prácticas que las docentes desarrollan en el aula de ciencias podemos afirmar que éstas se encuentran más orientadas a la enseñanza de la biología y al medio ambiente que a la química. Ahora bien, el investigador para conocer más acerca este asunto, planteó una subpregunta a la docente (D1): **¿Consideras que cuando se habla de prácticas experimentales el planteamiento de hipótesis, el diseño de experimentos y los modelos se conciben como practicas experimentales o solo concibes la práctica de laboratorio?*** De ahí, que ella responda que el planteamiento de hipótesis y el diseño de modelos pueden ser considerados por los estudiantes como una práctica que los motiva a aprender ciencias “*El hecho de formular hipótesis realizar modelos eso para ellos se vuelve como una especie de práctica, además, el hacer se vuelve como algo lúdico en la clase y eso para ellos es motivante... el mejor aprendizaje*”.

Se destaca que hay dificultades en cuanto a la concepción que tienen las docentes acerca de las prácticas experimentales. En primer lugar, parece que ellas solo son entendidas como las prácticas de laboratorio, dejando a un lado, otros tipos, a saber: modelar; plantear hipótesis; explicar bajo la evidencia empírica; diseño de experimentos; recoger, organizar e interpretar datos, entre otros. Por tal motivo se cree que las docentes no ponen en escena este tipo de prácticas en el aula de ciencias.

Restricciones institucionales; se indaga a partir de tres (3) interrogantes claves: *¿Consideras que la intensidad de (1) hora semanal es favorable para la enseñanza de los tópicos del currículo de la química?*

Es indudable que la asignación académica para la enseñanza de la química es insuficiente. Esto lo demuestran sus narraciones:(D1): “No para nada una hora es demasiado poco para lograr un aprendizaje efectivo en estos chicos, porque es que además no le alcanza el tiempo a uno para que hagan una práctica para que ellos logren socializar en grupo se le va a uno la hora organizando y llamando a lista”. En cuanto a la docente (D2): “*Ella dice que una sola horita que terminaba finalmente siendo media por que mientras tu llegas y organizas*”...

Así pues, este aspecto del currículo ha sido considerado como una restricción institucional, la cual, limita a los profesores de química en la educación básica, en especial en grado noveno, para lograr las demandas y objetivos de enseñanza de los tópicos de química.

¿La institución cuenta con los instrumentos y equipos necesarios para el desarrollo de las prácticas experimentales en el aula de ciencias?

En relación a este aspecto las docentes (D1 y D2) tienen dos realidades distintas. La primera considera que cuenta con los instrumentos y materiales básicos para el desarrollo de prácticas experimentales. No obstante, se conoce que en el análisis realizado al interrogante acerca de si ella lleva a cabo prácticas experimentales nos damos cuenta que no las implementa en la enseñanza de la química. Así pues, se puede inferir que desconoce la realidad del asunto. Mientras, que la docente (D2), si ha vivenciado dicha limitación institucional para el diseño de la enseñanza de las ciencias. Por tanto, sus respuestas no son alentadoras. De hecho, es evidente el interés y el valor que le otorga a esta estrategia pedagógica a pesar de todas las dificultades de espacios y recursos que tiene que afrontar a la hora de tomar la decisión de llevarlas al aula.

¿Realizas prácticas experimentales aunque no exista un laboratorio para la enseñanza de la química y, éste no se encuentre muy bien dotado de equipos e instrumentos?

Sin duda alguna, esta es una subpregunta que se derivó de la necesidad de indagar en las docentes, si a pesar de las limitaciones institucionales que se tienen en cuanto a la infraestructura, espacios y recursos para la enseñanza de la química, ellas logran tomar decisiones conscientes con sus falencias y restricciones. De esta manera, podemos reafirmar que el desarrollo de las prácticas experimentales está restringidas por parte de las dos docentes que enseñan ciencias en la básica secundaria. Aunque, las dos están a favor de ellas, solo una de ellas desafía dichas limitaciones porque aprecia la importancia que tienen para promover la comprensión conceptual e integrada de las ciencias.

CAPÍTULO V. RESULTADOS

5.1 Introducción

El examen y análisis de todo el corpus de datos del estudio en cuestión dio como productos, el Design Brief³³ y el Worked Example. El primero, resulta del proceso analítico de vincular semánticamente los contenidos de cada una de las categorías que configuran las diferentes rejillas de análisis, fase de teorización (Strauss y Corbin, 2002); desde luego, que esta tarea analítica brinda la posibilidad de construir el cuerpo teórico de las cuatro secciones de la herramienta bajo consideración. En tanto el segundo, se genera como una de las posibles materializaciones del marco teórico que subyace al Design Brief en el material curricular del Worked Example. En este sentido, los anteriores productos de diseño estarían contribuyendo en la superación de la ruptura entre la teoría proveniente de la investigación y la sabiduría experiencial procedente de las aulas.

En el siguiente apartado se mostrarán las cuatro secciones que configuran a la herramienta epistémica del Design Brief, la cual recoge de manera explícita la toma de decisiones curriculares e instruccionales, informadas tanto por la literatura basada en la investigación como por la sabiduría de la experiencia del diseñador.

Así pues, el *Design Brief* comprenderá cuatro secciones: la descripción del *contexto* (1), el análisis conceptual del núcleo de la discontinuidad de la materia para determinar y refinar las ideas fundamentales a ser enseñadas (2), la selección de objetivos de enseñanza (3) y la selección del contenido y especificación de estrategias pedagógicas (4).

El *Worked Example* constituirá el ejemplo desarrollado sobre la gran idea científica “de la naturaleza corpuscular de la materia”, en que se indican en detalle las actividades de enseñanza – aprendizaje, las cuales fueron elaboradas a partir de seis principios orientadores: 1. Caracterización del contexto educativo; 2. Especificación de los objetivos

³³ En este estudio por razones de espacio solo se representa en el cuerpo de conocimientos del documento en cuestión, al Design Brief, dejando ubicado un ejemplo de Worked Example en el anexo No1., con el propósito de que los lectores puedan evidenciar la manera como se debe de utilizar el marco teórico que subyacen al Design Brief a lo largo de la construcción de materiales curriculares que andamien el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada.

didácticos para la enseñanza del contenido y los resultados de aprendizaje esperados a cerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia; 3. Definición de las formas de organización del contenido, esquemas conceptuales, niveles de representación, y selección y secuenciación del contenido específico; 4. Delimitación de los condicionamientos del proceso de enseñanza – aprendizaje sobre la estructura global de la intervención de la enseñanza, la gestión de aula, puesta en escena, apoyo a la internalización y traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante; 5. Selección y uso de materiales didácticos, recursos y medios educativos; 6. Informar la evaluación de los aprendizajes.

5.2. El Design Brief.

El desarrollo de este instrumento es presentado en la siguiente página. Mientras que el desarrollo del Worked Example se presenta como anexo 1, al final del estudio.

Tabla 5-1. Sección No.1: Descripción del contexto Esta sección especifica el contexto curricular e institucional en el cual se lleva a cabo la enseñanza. EL CURRÍCULO	
Preguntas orientadoras	Descripción
<i>El Currículo estatal: ¿Cómo las orientaciones curriculares establecidas por el Estado se recogen en la propuesta curricular en ciencias naturales de la institución educativa?</i>	<i>Se destaca que el conocimiento profesional del profesor de ciencias ejerce una poderosa influencia en la transformación del currículum estatal en el institucional. Así pues, éste direcciona la toma de decisiones curriculares e instruccionales que lleva a cabo el profesor durante el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje de una lección. Para ello, él pone en interacción bidireccional elementos como su sistema de conocimientos, creencias y valores; marcos teóricos que fundan al currículum estatal³⁴ y el conocimiento del contexto de la institución Educativa en estudio. De ahí, que dicha acción le permite diseñar, “el Design Brief y el Worked Example”, los cuales recogen aspectos como: la descripción del contexto; el análisis conceptual del contenido a enseñar; las concepciones alternativas del tópico específico, demandas de aprendizaje y objetivos de enseñanza/aprendizaje; las estrategias pedagógicas y modelos de enseñanza de las ciencias; las formas de formular y representar el tópico; la selección de prácticas científicas alineadas con el tópico; y, las formas de evaluar el tema; entre otros.</i>
<i>¿Qué exigencias o requisitos son impuestos por las políticas estatales e institucionales?</i>	Las directrices disciplinares prescritas por el currículum estatal presentan un nivel alto en complejidad. De hecho, éstas se encuentran alineadas con currículos internacionales en ciencias y con algunas pruebas de evaluación a gran escala. Así, el currículum horizontal y vertical que configuran la estructura lógica de los estándares básicos de competencias dejan ver que el estudio de la estructura, propiedades y transformaciones de la materia inicia desde la primaria, donde se abordan los diferentes tópicos del currículum de la ciencias desde el nivel de representación macroscópico focalizado en los procesos descriptivos; luego, en los primeros años de la secundaria se comienzan a introducir tareas de aprendizaje que requieren que el estudiante interprete los fenómenos naturales a partir de la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la materia (macroscópico, submicroscópico y simbólico). Adicionalmente, a él se lo introduce en la utilización de los modelos teóricos a partir de los recursos multimodales³⁵ que representan la realidad, más no son la realidad. Por ejemplo, en el ciclo 6-7 y 8-9 se

³⁴ En este estudio conceptualizamos el currículum estatal como el cuerpo de conocimientos que subyacen a documentos, tales como: Constitución política de 1991; ley General de la Educación (Ley 115 de 1994); marco general de las ciencias naturales y educación ambiental; lineamientos curriculares del área de ciencias naturales; estándares básicos de competencia en ciencias naturales y ciencias sociales. Naturalmente, los dos primeros recogen elementos generales de las políticas educativas colombianas, en tanto, los otros abordan aspectos disciplinares, filosóficos, sociológicos, psicológicos y pedagógicos de la educación en ciencias en la escuela primaria y secundaria de Colombia.

³⁵ El recurso multimodal es considerado como una serie de representaciones lingüísticas, las cuales representan en diferentes formatos el fenómeno bajo consideración. Por ejemplo, el lenguaje verbal y escrito; simulación; fórmulas y ecuaciones químicas; gráficos y tablas; videos, tabla periódica, entre otros (Prain & Waldrup, 2008).

	abordan actividades de aprendizaje que especifican temáticas, tales como: las propiedades físicas de la materia, estados de la materia, procesos de cambio físico y químico; identidad y cantidad de sustancias, entre otros. Así, los estudiantes están esperando explicar éstas a través de los modelos de la teoría corpuscular y el de la subestructura atómica. Ahora bien, en el ciclo de 10-11 el nivel de complejidad de los temas que conforman el currículum, va aumentando progresivamente, dado que, los estudiantes al igual que en los otros ciclos, se tienen que enfrentar a situaciones naturales que deben ser explicadas tomando como base los modelos teóricos de las ciencias. De hecho, ellos a partir del modelo corpuscular, atómico-molecular y subatómico, deben de establecer relaciones con las propiedades físicas/químicas y, su capacidad de cambio químico. De ahí que, en muchas ocasiones ellos terminan sustancializando o materializando estos constructos. Otro elemento que juega un papel clave dentro de la estructura del currículum estatal son los esquemas conceptuales de las ciencias³⁶, sin embargo, éstos no se encuentran de manera latente en el cuerpo de los documentos estatales (ej., Estándares Básicos por Competencias en Ciencias Naturales). Es decir, para que el profesor pueda extraerlos tiene que llevar a cabo una lectura detrás de líneas, dado que, éstos no se ven de forma manifiesta. A partir de las anteriores asunciones se afirma que el currículum institucional (planeado) viene influenciado en parte por los marcos prescriptos por las políticas estatales. En este sentido, las últimas reformas curriculares llevadas a cabo en nuestro país tales como los lineamientos curriculares en ciencias (1998); http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf5.pdf; los estándares básicos por competencias en ciencias (2004) http://www.mineduacion.gov.co/cvn/1665/articles-116042_archivo_pdf3.pdf; y, el Decreto 1290 de (2009), http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles187765_archivo_pdf_decreto_1290.pdf y http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-213769_archivo_pdf_evaluacion.pdf, han direccionado la manera en que se debería diseñar el currículum, la instrucción y la evaluación³⁷. A razón de estas reformas y sus productos, las instituciones públicas a nivel nacional cuentan con la autonomía para participar
--	--

³⁶Pozo y Gómez Crespo (1998) afirman que detrás de los núcleos conceptuales y tópicos de las ciencias se encuentran una serie de esquemas conceptuales cualitativos (interacción sistémica, conservación y equilibrio) y, cuantitativos (proporcionalidad, correlación y probabilidad).

³⁷ los estudiantes de quinto de básica primaria, noveno y once del nivel secundaria, deben de presentar anualmente, las pruebas estandarizadas *SABER*, con el propósito de monitorear las prácticas educativas en todas las escuelas del territorio nacional.

	democráticamente en la construcción de sus propios referentes orientadores, a saber: Proyecto Educativo Institucional (PEI), Plan de estudios de cada una de las disciplinas, sistema de evaluación y demás proyectos transversales. Tomando en cuenta los anteriores presupuestos, se ha considerado pertinente secuenciar los tópicos del currículum de la química de grado noveno para los cuatro periodos en que se divide el año escolar, tomando como referencia las cinco grandes ideas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia (Pozo, et al., 1992; Pozo y Gómez Crespo, 1998). Adicionalmente, con la intención de que los estudiantes comiencen a superar las restricciones de origen sensorial y en consecuencia, sus modelos alternativos comiencen a evolucionar hacia el lenguaje científico, se plantea la necesidad del uso de los tres esquemas conceptuales y los tres niveles de representación de la química. Ahora bien, considerando el contexto formal de enseñanza de la Institución Educativa en estudio, se han tenido que hacer algunos ajustes al currículo de química con respecto a otras instituciones privadas y oficiales locales que tienen que ver con las demandas conceptuales y temporales a ser introducidas en el <i>Design Brief</i> y el <i>Worked Example</i>, para el grado noveno.
<i>El Currículo institucional: ¿Cómo se gestiona y organiza el aula de química?</i>	A partir de los antecedentes culturales, sociales, económicos y cognitivos de los estudiantes y teniendo en cuenta, las grandes teorías, los marcos teóricos intermedios y las herramientas de diseño, tomamos la decisión instruccional de gestionar y organizar la clase a partir de una serie de rutinas, técnicas y estrategias que son consistentes con la serie de actividades de enseñanza planteadas por el diseñador o profesor (ver c/u de las tablas de gestión del aula en el <i>Worked Example</i>). Así pues, aquellos estudiantes que cuentan con mayores competencias científicas, comunicativas y lingüísticas, son seleccionados autónomamente por el mismo grupo de trabajo para coordinar a cuatro compañeros con menos capacidades. Con la intención de que los segundos, vayan evolucionando de manera progresiva, en su desarrollo del pensamiento. Hay que tener en cuenta, que un alto porcentaje de la clase, se focaliza en la estructura interactiva y dialógica, los pequeños grupos de discusión y el trabajo individual con el propósito deliberado de que los estudiantes alcancen una comprensión conceptual de los tópicos del currículo de química y desarrollen los esquemas conceptuales que subyacen a éstos. Vale la pena destacar que las actividades de enseñanza en esta SEA, tendrán una estructura lógica que parte de tareas adscritas en el nivel de representación macroscópico a tareas pertenecientes al nivel submicroscópico y simbólico. De hecho, esta situación le permitirá al estudiante poder llevar a cabo una diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química. Desde luego que muchas de estas actividades estarán centradas en los trabajos de laboratorio y demostraciones las cuales pertenecen al mundo macroscópico adscribiéndose al nivel de representación descriptivo de la química.
<i>¿Qué proyectos se han adelantado en el</i>	En nuestro contexto particular, se han tomado decisiones curriculares e instruccionales por parte de la comunidad de directivos y docentes de la Institución Educativa. De ahí, que en los últimos años se hayan diseñado algunos proyectos institucionales³⁸

³⁸Dichos proyectos han sido diseñados por los docentes del área de ciencias naturales en dicha institución educativa oficial.

área de ciencias que cumplan con el propósito de apoyar la enseñanza y el aprendizaje de la química en la Institución?	los cuales surgieron como una necesidad imperante de mejorar el plan de estudios del área de ciencias naturales y, disminuir las dificultades de origen con las que cuentan los estudiantes de esta comunidad, las cuales, dificultan en gran proporción³⁹ el acceso a la educación superior, a saber: el proyecto transversal denominado “pruebas pedagógicas tipo saber; <i>“leyendo, hablando y escribiendo en el lenguaje conceptual, procedimental y axiológico de las ciencias”</i>; <i>“Pensar con la ciencia”</i> y, <i>“un currículo alternativo en ciencias naturales en las instituciones educativas de Santiago de Cali”</i>. Todos estos han sido diseñados e implementados con el apoyo y, la asesoría del equipo de formadores de formadores del Instituto de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle, a través, de procesos de cualificación e investigación los cuales impulsan los procesos de desarrollo profesoral. Vale la pena explicitar, que los proyectos llevados a cabo en la Institución en el área específica en cuestión, están tratando de promover las competencias científicas, procedimentales, de actitudes y valores propios de las ciencias; lingüísticas y comunicativas y finalmente, promover el desarrollo de las pruebas censales a nivel nacional. No obstante, en la actualidad no se han implementado por parte de las universidades locales ningún trabajo de investigación o proyecto de cualificación docente que fundamente a los profesores de las instituciones educativas públicas, en el diseño de SEA´s de contenidos científicos específicos, desde la perspectiva de los <i>estudios de diseño</i>, en los que se aborde el modelo de diseño de la enseñanza del Grupo Leeds (Amettler et al., 2007; Leach et al., 2009).
¿Cuál es la temática a enseñar, y cómo se caracteriza ésta en el currículo?	El núcleo de la discontinuidad de la materia es considerado por la comunidad de educación en química, como la piedra angular para el diseño de la enseñanza y aprendizaje de los tópicos del currículo de la química (Pozo y Crespo, 1998; Gabel, 1998, entre otros). De hecho, éste es un constructo que subyace a muchos de los temas que configuran el currículo horizontal y vertical de esta disciplina⁴⁰. De ahí, que los diseñadores curriculares lo hayan tomado como uno de sus marcos teóricos durante el diseño, la implementación y la evaluación de SEA´s en química (Pozo y cols., 1991; Gómez Crespo y cols., 1992; Gómez Crespo, 2005). Desde luego, esta SEA también fundamenta su diseño en elementos tanto de la naturaleza de la química como de la psicología cognitiva, a saber: los niveles de representación de la materia (Jhonstone, 2010) y, los esquemas conceptuales de esta disciplina (Pozo y Crespo, 1998). Por tanto, la interacción de estos tres elementos a lo largo del desarrollo de las

³⁹ Estadísticamente se conoce que la posibilidad de que los estudiantes pertenecientes a nuestra institución Educativa en los últimos años logran superar las pruebas de estado para el ingreso a las Instituciones de educación superior pública y privada en Santiago de Cali, era del 1 al 5%. Actualmente, se ha logrado a través de éste permear a las demás áreas del conocimiento escolar en nuestra institución. De ahí que, se haya alcanzado desde el año 2009 elevar el nivel educativo en las pruebas de estado a nivel nacional, de nivel medio a superior, realizadas anualmente, para todos los estudiantes de grado once y con esto, incrementar el número de estudiantes que ingresan a la universidad en un 20%.

⁴⁰En este estudio de investigación consideramos como currículo horizontal la organización secuencial de todos los tópicos a abordar en un nivel de escolaridad, en tanto el currículo vertical es considerado como la secuenciación de los temas de manera progresiva a lo largo de los diferentes ciclos escolares.

	actividades de aprendizaje le brindaría la oportunidad al estudiante para alcanzar una comprensión conceptual del currículum de química de grado noveno.
<i>¿Qué ideas claves serán enseñadas y cuáles son los esquemas conceptuales que subyacen a éstas?</i>	Así pues, se han seleccionado cinco grandes ideas que subyacen al modelo cinético molecular de la materia: Ideas claves: • La naturaleza corpuscular de la materia. • Entre las partículas que componen la materia se encuentra un espacio vacío. • La interacción entre partículas. • Las partículas que constituyen la materia presentan movimientos intrínsecos. • Las partículas de una sustancia al interactuar entre ellas o con otras diferentes pueden combinarse para formar otras especies de partículas que conforman una nueva sustancia. Esquemas conceptuales de la química: • Interacción sistémica. • Conservación de propiedades no observables de la materia. • Equilibrio térmico.
<i>¿Cuáles serán los conocimientos prerrequisitos previos que debe de tener el estudiante para afrontar el aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia?</i>	Para lograr que los estudiantes internalicen el núcleo de la discontinuidad de la materia, ellos deben de haber construido previamente, el establecimiento de un lenguaje común. A través de él, el profesor introduce y especifica cuáles son las reglas claves para la construcción de modelos analógicos y, el lenguaje en que se representa la química. Otro de los aspectos básicos que deben ser tenidos en cuenta en esta fase de la enseñanza es la de valorar la naturaleza abstracta y compleja de la ciencia, en la que el profesor toma elementos de la psicología cognitiva para atender las dificultades específicas que presenta el aprendizaje de la química (el conjunto de relaciones o interacciones que se deben establecer entre las características específicas de la disciplina y los fenómenos, así como, la manera en que los estudiantes organizan el conocimiento). Así pues, previo a la enseñanza del núcleo de la discontinuidad, los estudiantes a través de su escolaridad han estudiado algunas propiedades físicas observables centradas en marcos explicativos de tipo descriptivo o fenomenológico. De ahí, que ellos clasifiquen los materiales en tres estados de agregación (sólido, líquido y gaseoso). Además, conocen de modo muy general los cambios de estado (el hielo se derrite, el agua se congela y evapora). Adicionalmente, ellos en los anteriores grados de escolaridad debieron haber iniciado el desarrollo de los esquemas conceptuales de la química a nivel cualitativo, a saber: interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y el equilibrio térmico. No obstante, los resultados de las pruebas diagnósticas aplicadas al inicio del grado noveno demuestran lo contrario.

	De otro lado, puede que para algunos ya sea familiar hablar de átomos, partículas y moléculas, es muy probable, que ellos, no hayan sido formalmente introducidos a los modelos de la estructura de la materia en un nivel de representación submicroscópico y tampoco hayan integrado los tres niveles de representación ni desarrollado los esquemas conceptuales de la química. En este sentido, la SEA pretende que los estudiantes comprendan el núcleo de la discontinuidad de la materia, a partir de la selección y secuenciación de las cinco grandes ideas que lo configuran⁴¹, ya que, éstas aportarían a la construcción conceptual de los tópicos del currículo de química y al desarrollo de los esquemas conceptuales de la química. Por tal motivo, tanto contenidos como esquemas han sido seleccionados y secuenciados guardando una estrecha relación con estas ideas fundamentales (ver sección 4 del documento del Design Brief).
<i>¿Con qué tópicos del currículo de la química estará relacionado el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia en los grados noveno, décimo y undécimo?</i>	Vale la pena aclarar, que en esta institución a causa de los antecedentes sociales y culturales de los estudiantes no se pueden abordar de manera lineal todos los tópicos propuestos por el currículo prescrito. Así pues, se toma la decisión de seleccionar y secuenciar unos temas claves que se ajustan a los estudiantes singulares y, a un tipo de orientación de enseñanza de corte constructivista sociocultural la cual requiere de una demanda cognitiva y temporal alta, en donde la transacción de significados y formas de significar juegan un papel crítico. De ahí, que hayamos transformado el currículo prescrito en un currículo planeado tomando como base una estructura lógica en espiral. Ahora bien, hay que resaltar que las cinco grandes ideas le permiten al diseñador o profesor una organización con una estructura lógica del contenido disciplinar a través de la cual, se entrelazan los conceptos, esquemas conceptuales y los niveles de representación con los modelos teóricos de la ciencia. A continuación, se presentan estas relaciones conceptuales: ▪ La naturaleza corpuscular de la materia Esta gran idea tiene unas relaciones claves con otras ideas y tópicos del grado noveno, tales como: la existencia de vacío entre las partículas, interacción entre partículas, movimiento intrínseco de las partículas y los procesos de cambio físico y químico. A lo largo de la enseñanza de esta idea se describirán y luego, conceptualizarán algunas propiedades macroscópicas, tales como: forma, peso, masa y, volumen y se abordarán las principales ideas contraintuitivas que sostienen los estudiantes en esta edad, sobre la existencia material de los gases. De ahí, que éstas serán el punto de partida para lograr la construcción conceptual del modelo corpuscular de la materia. Adicionalmente, se llevarán a cabo actividades de enseñanza en donde se desarrollen los esquemas conceptuales antes mencionados. Desde luego, que esta idea también está articulada con los demás tópicos del currículo de la química del grado decimo y once, a saber: la cantidad de sustancia (mol), la tabla periódica, enlace químico, estequiometría, nomenclatura y reacciones químicas, soluciones, diagramas de fase, curvas de calentamiento, las relaciones cuantitativas, equilibrio químico y los compuestos orgánicos.

	Idea de Vacío En grado noveno, esta idea se relaciona estrechamente con las ideas de discontinuidad de la materia, la materia como un sistema en interacción entre partículas y el movimiento intrínseco entre las partículas. De hecho, esta idea permite explicar la apariencia macroscópica de los estados de agregación de la materia y, se relaciona con propiedades macroscópicas, tales como: la compresibilidad, difusión, viscosidad, punto de fusión y ebullición, presión de vapor, condensación, densidad y, las mezclas homogéneas o disoluciones. Asimismo, les permite a los estudiantes potenciar el esquema conceptual de interacción sistémica a nivel macroscópico y submicroscópico. En el siguiente grado, esta idea se relaciona con el enlace químico, la polaridad de los enlaces y de las moléculas, la geometría molecular, reacciones químicas, la solubilidad y los factores que afectan la solubilidad. La interacción entre partículas. Esta idea se relaciona con las ideas de discontinuidad, la existencia de espacios vacíos y el movimiento intrínseco de las partículas. Gracias a esta idea, los estudiantes podrán construir el concepto de fuerzas intra e intermoleculares ya que las interacciones entre partículas generan fuerzas que pueden ser consideradas de atracción o cohesión. Así pues, esta idea guarda relación con los tópicos de estados de agregación y, los cambios físicos/químicos de la materia. De hecho, es clave para interpretar fenómenos como la dilatación, presión, fusión, evaporación, sublimación, entre otros. Adicionalmente, esta idea se encuentra fuertemente asociada con los constructos de temperatura, densidad y distribución de las partículas. Adicional a esto, se podrán desarrollar los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico. Ahora bien, para el grado siguiente esta gran idea científica servirá como idea de apalancamiento para que los estudiantes sean capaces de interpretar las curvas de calentamiento y enfriamiento de las sustancias y, los diagramas de fase. Las partículas que constituyen la materia presentan movimientos intrínsecos. Para el grado noveno, esta idea sostiene una relación estrecha con las ideas de discontinuidad, existencia de vacío e interacción entre las partículas. Adicionalmente, el desarrollo de esta idea incide en la construcción de los conceptos de energía cinética, calor, temperatura, distancias intermoleculares; y, los fenómenos de la dilatación, difusión y fluidez. Debido al estrecho vínculo entre la existencia de espacios vacíos entre las partículas y el movimiento intrínseco se ha podido considerar que esta idea también se relacionaría con los siguientes grados (decimo y once), con los tópicos de: enlace químico, la polaridad de los enlaces y de las moléculas, las leyes ponderales de los gases, reacciones químicas, solubilidad, los factores que afectan la solubilidad y, la geometría molecular, Asimismo, el desarrollo de esta idea brinda la oportunidad a los estudiantes de potencializar los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación y equilibrio térmico.
--	---

	▪ Las partículas de una sustancia al interactuar entre ellas o con otras diferentes pueden combinarse para formar otras especies de partículas que conforman una nueva sustancia. Vale la pena destacar que ésta, es la última idea con la que se pretende alcanzar la comprensión conceptual del núcleo de la discontinuidad de la materia, por tanto, el tratamiento de esta idea mantiene una relación con ideas, tales como: identidad material, la interacción entre partículas y los esquemas conceptuales de la interacción sistémica, conservación de propiedades no observables, la proporcionalidad. Así pues, esta idea también tiene que ver con los fenómenos de cambio químico. Más adelante, esta idea dará sentido a los fenómenos macroscópicos de la respiración, la combustión, la oxidación de los metales. Asimismo, esta idea se vinculará con los tópicos de enlace químico, reacciones químicas, estequiometría, equilibrio químico, fórmula empírica y molecular.
<i>¿Qué aprenderán los estudiantes acerca de estas ideas claves?</i>	▪ La naturaleza discontinua o corpuscular de la materia. A partir de una serie de actividades, ellos comenzarán a construir el modelo corpuscular de la estructura de la materia, lo cual les permitirá poder darle sentido a los múltiples fenómenos físicos y químicos de su cotidianidad. Por ejemplo, ¿Por qué se seca una camisa al sol? ¿Por qué se dilata el mercurio? ¿Por qué se infla un balón en un día soleado? entre muchos otros cuestionamientos. En este sentido, los estudiantes podrían superar las restricciones que le pone su sistema sensorial, hecho que les posibilitaría conceptualizar que los átomos que forman las moléculas son modelos teóricos que han sido contruidos por el hombre a través de la interpretación de los resultados arrojados por los diseños experimentales lo cual hace que éstos no tengan una naturaleza material. Por tanto, son representaciones abstractas elaboradas e implementadas para darle sentido a los fenómenos físicos y químicos de su entorno. Adicionalmente, estos modelos le permitirían al estudiante comprender que el arreglo submicroscópico de las partículas determina las propiedades macroscópicas de la materia. Ahora bien, con el propósito de que los estudiantes logren darle sentido a las cinco grandes ideas que hemos seleccionado para esta SEA, se tomó la decisión de vincular actividades de enseñanza que también les brinde a ellos la oportunidad para que comiencen a desarrollar los esquemas conceptuales de la interacción sistémica, la conservación de propiedades y el equilibrio térmico, ya que, éstos esquemas subyacen a un alto porcentaje de los tópicos que constituyen el currículo de la química en la escuela secundaria. Es decir, los conceptos y los esquemas han sido considerados en esta SEA como elementos complementarios, los cuales, le permitirán a los aprendices superar sus dificultades, limitaciones y concepciones alternativas, para así, alcanzar una enculturación en esta disciplina⁴².

⁴² Las grandes ideas que estructuran de manera lógica la SEA del núcleo de la discontinuidad de la materia, la subyacen los esquemas conceptuales de la química a nivel cualitativo, tales como: interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico. En consecuencia, los esquemas a nivel cuantitativo

	▪ Entre las partículas que componen la materia se encuentra un espacio vacío. A través de esta idea se pretende que aunque contraria a la apariencia perceptiva que adopta la materia en su representación macroscópica, los estudiantes acepten por tanto, la noción discontinua de la materia comprendiendo que entre partícula y partícula no hay “nada” y en consecuencia, solo pueden existir entre ellas espacios vacíos. Ahora bien, dicha concepción epistemológica, le permitiría a los estudiantes establecer que ésta, condiciona los estados de agregación de la materia y propiedades físicas a nivel macroscópico tales como: la difusión, dilatación, compresibilidad, volumen. A través del desarrollo de esta idea, se logrará interpretar los estados de agregación y propiedades físicas extrínsecas e intrínsecas como la compresibilidad, difusión, la viscosidad, el punto de fusión, ebullición, la condensación, la densidad y, las mezclas homogéneas. Desde luego, que esta idea también les permitirá a ellos, construir el concepto de disolución y posteriormente, la de cambio químico. De otro lado, a través del desarrollo de esta idea los estudiantes también podrán comprender el esquema conceptual de interacción entre partículas, lo que le posibilitaría comprender por qué factores como la temperatura y la presión inciden macroscópicamente en la densidad de las sustancias y submicroscópicamente, en el arreglo de las partículas causando como consecuencia, los cambios de estados de agregación de la materia. Así pues, la existencia de espacios vacíos, permite interpretar que las partículas pueden moverse (vibrar, rotar y trasladarse) dentro de un sistema de complejas interacciones entre partícula y partícula. ▪ La interacción entre partículas condicionan los estados físicos de la materia. La literatura basada en la investigación desde los presupuestos constructivistas y de la psicología cognitiva, afirman que para alcanzar el cambio conceptual de la química, hay que lograr que los estudiantes superen la visión centrada en los hechos y en las propiedades observables de las sustancias, así como, las relaciones de causalidad lineal-unidireccional (Pozo y Gómez Crespo, 1998). De ahí, que sea indispensable que ellos logren concebir “<i>la materia como un complejo sistema de partículas en continua interacción</i>”. Así pues, esta idea les permitirá a los estudiantes dar sentido al concepto de fuerzas intermoleculares e interpretar las curvas de calentamiento/enfriamiento de las sustancias y, los diagramas de fase. Además, alrededor de esta idea se intenta que los estudiantes conceptualicen, la noción de sistema (i.e., mediante la actividad experimental de baño maría para derretir un trozo de hielo (0°C) y parafina (76°C). A partir de esta noción, se puede dar inicio a la construcción de la idea de interacción entre las partículas. Esta idea es clave, para que los estudiantes puedan comprender que la materia debe interpretarse como un sistema en el que se establecen múltiples relaciones (construcción de analogía de
--	---

(proporcionalidad, correlación y probabilidad) podrán ser desarrollados a partir del diseño de subsecuentes SEA's que recojan los otros núcleos conceptuales de la química como parte del currículo de los grados decimo y once de la escuela secundaria (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

	relaciones e interacciones entre personas). A razón de la influencia recíproca entre las partículas, se intercambia la energía cinética media almacenada entre ellas. Así pues, se crean las interacciones quienes a su vez, generan fuerzas de atracción que determinan el arreglo de las partículas. Producto de esas interacciones sobrevienen cambios en el movimiento o en las asociaciones entre las partículas siendo éstas las responsables de los estados de agregación, las propiedades y, los cambios físicos y químicos de la materia en el mundo macroscópico. ▪ Las partículas que constituyen la materia presentan movimientos intrínsecos. Con esta gran idea se pretende que los estudiantes comprendan que las partículas se mueven a causa de agentes internos, tales como, la energía cinética promedio y la existencia de espacios vacíos entre ellas, en vez de como su concepción realista a partir de la cual estructuran sus teorías sobre la materia les hace interpretar, que las partículas se mueven a razón de ciertos agentes externos, tales como: la temperatura, la densidad o el aire. Según esto, el estudiante debe relacionar el estado aparente de las sustancias con el tipo de movimiento intrínseco de sus partículas a nivel submicroscópico. Otro aspecto a tener en cuenta, en el aprendizaje de esta idea es que el movimiento intrínseco de las partículas depende de la cantidad de energía cinética que éstas posean. ▪ Las partículas de una sustancia al interactuar entre ellas o con otras diferentes pueden combinarse para formar otras especies de partículas que conforman una nueva sustancia. La enseñanza de esta idea, pretende que los estudiantes realicen la comprensión conceptual de que las partículas que conforman un sistema pueden interactuar con el mismo sistema o con otros sistemas de partículas, sin que éstas sufran cambios en su identidad, ni en el número de partículas. Es decir, a diferencia del proceso de cambio físico en el que un sistema de partículas puede mezclarse con otros sistemas o con él mismo, para formar disoluciones o mezclas homogéneas en las que se conserva tanto la identidad y el número de partículas; en el cambio químico, se generan combinaciones que producen una reorganización de las moléculas generando la formación de nuevas sustancias que se manifiestan en la apariencia macroscópica y perceptible de las mismas.
LOS ESTUDIANTES	
<i>¿Cuáles son los antecedentes socioculturales de los estudiantes?</i>	El Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la institución educativa en estudio, permite evidenciar que ésta se encuentra ubicada geográficamente en una zona urbana categorizada en una estratificación tipo (5) y, organizada socioculturalmente como la comuna 20 del municipio de Santiago de Cali. Ahora bien, su población estudiantil en un 95% proviene de zonas de la ladera sur-occidental de la ciudad, en donde su nivel socio-económico es categorizado entre los estratos (1 y 2). De otro lado, el nivel cultural de las familias es considerado en un nivel bajo en el que solo alcanzan a culminar sus estudios de secundaria y tan solo un (10%) logra acceder a la educación superior.

<i>¿En qué rango de edad se encuentran los estudiantes de grado noveno?</i>	Los estudiantes de grado noveno de esta institución educativa presentan edades que oscilan entre los 14 a 18 años.
<i>¿Qué expectativas tienen los estudiantes acerca de las clases de química y cuáles de ellas, deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la enseñanza?</i> <i>¿Cómo se caracteriza el conocimiento del estudiante de grado noveno?</i>	Se ha evidenciado a través de la práctica áulica del profesor de química, que los estudiantes que llegan a grado noveno en esta institución educativa no han desarrollado aún, un lenguaje diferenciado, amplio y jerárquico. Es decir, presentan dificultades para expresarse de manera verbal y escrita de forma clara, concisa y convincente. Adicionalmente, su pensamiento está signado por reglas heurísticas⁴³ intuitivas más no, por los esquemas formales que se necesitan para comprender los tópicos del currículo de la química. De ahí, que nos hayamos planteado a través de esta SEA el propósito que los estudiantes desarrollen los esquemas formales que subyacen a cada uno de los tópicos del currículo de la química con la intención de que ellos puedan darle sentido a cada uno de éstos (Pozo y Gómez Crespo, 1998); otra meta que pretenden alcanzar los profesores de ciencias, hace referencia a que ellos desarrollen competencias lingüísticas y comunicativas, tales como: el lenguaje verbal, lenguaje escrito, lectura comprensiva, emisión de juicios críticos, el discurso oral o narrativo, las producciones escritas, imágenes visuales, representaciones corporales y, el lenguaje matemático de manera gradual y progresiva (NRC, 2011). Para ello, se pretende gestionar el aula, haciendo uso de las herramientas de diseño de demanda de aprendizaje y enfoque comunicativo (Mortimer & Scott, 2003); y, los marcos de la pedagogía general y específica a saber: rutinas, técnicas, estrategias pedagógicas y modelos de enseñanza de la ciencias (Abell et al., 2010). Otra de las expectativas que tienen los estudiantes frente a la enseñanza de los tópicos del currículo de la química y que debe de ser tenida en cuenta en el diseño de la SEA sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia, es en primer lugar, el uso de actividades prácticas en el desarrollo de las tareas de aprendizaje. De ahí, que éstas deban estar enmarcadas en un enfoque de enseñanza que ayude a los estudiantes a aprender química. En segundo lugar, está la gestión del aula, en la que ellos prefieren el trabajo cooperativo (en pequeños grupos de discusión y de gran grupo). Así, estos son considerados como los más aceptados por los estudiantes singulares.
<i>¿Cuáles son las</i>	Consideramos que con el propósito de mantener una estructura lógica de carácter deductivo en el cuerpo de conocimientos de

⁴³ Pozo y Gómez Crespo, (1998), consideran que el pensamiento concreto de los estudiantes en el nivel de escuela primaria y secundaria está signado por un conjunto de reglas heurísticas, tales como: semejanza entre causa y efecto, contigüidad espacial, contigüidad temporal, co-variación cualitativa entre causa y efecto, y, co-variación cuantitativa entre causa y efecto. En tanto que al pensamiento formal lo subyacen esquemas como: operaciones combinatorias, proporcionalidad, equilibrio, combinación de dos sistemas de referencia, correlación, compensación multiplicativa, conservación de propiedades no observables.

<i>dificultades/ limitaciones que presentan los estudiantes para el aprendizaje de los tópicos del currículo de la química?</i>	este documento, explicitaremos en primer lugar, las dificultades y limitaciones que tienen los estudiantes para aprender los tópicos del currículum de la química y, en segundo lugar, nos focalizaremos en las dificultades con las que llegan los estudiantes al aprendizaje de las cinco grandes ideas en las que se ha secuenciado y temporalizado la enseñanza y el aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de materia (ver sección 3 del Design Brief en el apartado de las “principales concepciones alternativas”). Actualmente, la literatura basada en la investigación sobre la educación en química y especialmente, desde el marco de la psicología del aprendizaje nos han dejado ver que las dificultades para el aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia se ha focalizado en tres ámbitos, a saber: pensamiento multinivel (nivel de representación macroscópico, submicroscópico y simbólico; Jhonstone, 2010); alto nivel de abstracción de este núcleo conceptual; falta de desarrollo de los esquemas conceptuales de la química (Pozo y Gómez Crespo, 1998). De hecho, cuando el profesor no es consciente de estos tres elementos él suele pasar de un nivel de representación a otro como en una especie de gimnasia mental sobrecargando la memoria de trabajo de los aprendices y generando una ruptura entre la información nueva y el conocimiento previo del sujeto, situación que no le permite llevar a cabo un aprendizaje por comprensión conceptual. Ahora bien, focalizándonos en las dificultades que tienen los estudiantes para aprender la gran idea de la discontinuidad de la materia, la literatura junto con nuestra experiencia reflexiva como profesores de química nos ha permitido ver que los estudiantes han construido sus conceptos físicos y químicos a través de la interacción de su sistema sensorial con el mundo que lo rodea, así, en su contexto todo es percibido de forma continua y estática. De hecho, que estas representaciones intuitivas les han servido a ellos para predecir, controlar y adaptarse a su medio, sin hacer grandes esfuerzos, de ahí, que la concepción continúa de la materia sea difícil de modificar a través de una instrucción convencional o incluso alternativa. Muchas de las concepciones alternativas sobre la discontinuidad de la materia con la que llegan los estudiantes a la clase de química, fueron compartidas por científicos connotados en otras épocas. Por ejemplo, filósofos como Aristóteles, Descartes e incluso Newton⁴⁴ debatieron y rechazaron durante muchos siglos la concepción atomista y, los postulados sobre los modelos atómicos de la materia planteados inicialmente por Demócrito y mucho después retomados por Lucrecio. Los anteriores presupuestos, nos permiten establecer que éste es uno de los núcleos conceptuales que presenta mayores dificultades para su aprendizaje (Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 1993; Pozo y Gómez Crespo, 1997) en primer lugar, porque sus representaciones
---	--

⁴⁴ Según algunas fuentes documentales señalan que aun cuando Newton estaba revolucionando la concepción del mundo físico aceptando el modelo atómico fundamentado en la mecánica, éste conservaba la visión precientífica medieval de la transmutación y la alquimia (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

	están signadas en el mundo perceptivo y, por tanto, son la única alternativa para representar el mundo no observable. En consecuencia, la enseñanza solo les proporciona sistemas de representación, tales como: símbolos químicos, ecuaciones matemáticas y, algunos modelos analógicos, con los que deben explicar los hechos y fenómenos cotidianos. De ahí, que los estudiantes aunque acepten algunos de los presupuestos del modelo corpuscular de la materia, éstos continúan siendo interpretados a partir de sus concepciones alternativas y no al contrario, como debería de ocurrir. Un segundo factor, que contribuye a empeorar dichas dificultades de comprensión y uso de la idea corpuscular de la materia por parte de los estudiantes es su creencia fehaciente en sus propias concepciones alternativas o teorías implícitas, ya que éstas subyacen a partir del mundo observable en el que la materia es concebida como continua y estática, y, aunque acepten con alguna facilidad la existencia particulada de la materia le atribuirán por tanto, propiedades del sistema macroscópico⁴⁵ al que pertenecen. Entre tanto, los cambios y transformaciones serán explicados estableciendo relaciones causales lineales⁴⁶ ocasionadas por agentes externos, en donde las partículas son vistas como un sistema en interacción unidireccional (una partícula provoca el cambio de la otra) en vez de percibir las como un sistema de constante interacción entre partículas. De otro lado, los estudiantes han construido sus conceptos físicos y químicos a través de la interacción de su sistema sensorial con el mundo que lo rodea, así, en su contexto todo es percibido de forma continua y estática, compuesta principalmente por materiales o sustancias representadas como un todo indiferenciado. De hecho, que estas representaciones intuitivas les han servido a los aprendices para predecir, controlar y adaptarse a su medio, sin hacer grandes esfuerzos cognitivos, de ahí, que la concepción continúa de la materia sea difícil de modificar.
PROFESORES	
<i>¿Son los profesores especialistas en la enseñanza de la química?, y si no es así, cuál es su formación</i>	Los integrantes del área de ciencias de esta Institución poseen una formación básica de licenciados en biología y química, en la que algunos de ellos han logrado adelantar estudios post-graduales en la enseñanza de la educación ambiental, biología y nuevas tecnologías de la información y comunicación. Asimismo, la gran mayoría de ellos, han logrado participar en proyectos de cualificación e investigación, hecho que les ha permitido reflexionar acerca de la enseñanza y el aprendizaje de los tópicos del currículo de las ciencias contribuyendo al desarrollo de competencias axiológicas, procedimentales y conceptuales en los estudiantes y a la construcción de proyectos que ha logrado impactar a toda la comunidad educativa, en especial a los

⁴⁵ Por ejemplo, el hierro está formado por partículas duras y solidas que se atraen y se pegan a un imán. Las partículas son vistas como pequeñísimas porciones o trozos del objeto o del sistema al que pertenecen.

⁴⁶ Los objetos y fenómenos del mundo físico son explicados en términos de los cambios o transformaciones en sus características externas. Por ejemplo, las partículas de hielo se vuelven líquidas cuando éste se funde a temperatura ambiente.

<i>disciplinar?</i>	estudiantes. Así pues, el cuerpo de profesores del área de ciencias naturales y educación ambiental, son reconocidos por su experiencia, dedicación y compromiso para lograr el mejoramiento de la calidad educativa y en especial, por tratar de maximizar el aprendizaje de las ciencias. Ahora bien, tan solo dos de ellos, cuentan con estudios post-graduales en la enseñanza de la química, situación que les ha permitido transformar la disciplina per sé, en unos temas enseñables a estudiantes singulares en un contexto particular, a partir de la interacción entre los marcos teóricos provenientes de la literatura y las teorías personales que han construido a lo largo de su experiencia profesional. De ahí, que ellos han llegado a considerar que el aprendizaje de la química no es un fin en sí mismo, sino, un medio a través del cual los estudiantes lograrían una alfabetización científica y por tanto, un desarrollo de los esquemas de pensamiento formal que les permitirá establecer una relación bidireccional entre diferentes sistemas. En otras palabras, ellos pretenden vincular de modo progresivo los núcleos, esquemas conceptuales como los niveles de representación de la química (ver Worked Example) Además, de la potencialización de competencias lingüísticas. En este sentido, los enseñantes consideran que de manera general la escuela y de forma particular, el aula de química, pueden contribuir a la socialización y transformación de los estudiantes.
<i>¿Hay alguna característica de la experiencia de los profesores o expectativas que ellos tienen de las clases de química que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la enseñanza?</i>	La situación anteriormente descrita, ha ocasionado que al interior del currículo se evidencien serias dificultades al momento de enseñar los tópicos del currículo de la química a los estudiantes de básica secundaria (6° a 9°). Por tal motivo, se ha evidenciado que los profesores que tienen a cargo estos grados, no están iluminados e informados por los marcos teóricos que subyacen a la enseñanza y el aprendizaje de los tópicos del currículo de la química y la psicología cognitiva en los últimos años. De ahí, que ellos no han sabido tratar las grandes dificultades con que se enfrentan los estudiantes para el aprendizaje de la química a saber: los tres núcleos conceptuales⁴⁷; los principios, esquemas y los niveles de representación de la química; así como, las concepciones alternativas que se generan producto de las teorías intuitivas y de sentido común. En consecuencia, la enseñanza y el aprendizaje en estos niveles es tratada por ellos con un mayor nivel de detalle en los procesos biológicos y ambientales y en menor grado, en los procesos físico-químicos. Es decir, que estos han estado focalizados en aspectos meramente disciplinares y de este modo, han sido representados como hechos o datos utilizando para su interpretación modelos descriptivos y simbólicos como sistemas de representación de los fenómenos cotidianos carentes de una diferenciación e integración entre ellos. Otro factor a destacar, es la independencia y flexibilidad que el cuerpo directivo de la institución le brinda al maestro para que éste lleve a cabo una transformación directa e indirecta al currículo prescrito, es decir, ellos le dan total autonomía a él para seleccionar, secuenciar y temporalizar los diferentes tópicos a enseñar durante un año académico. De ahí, que el maestro de esta

⁴⁷ Cabe recordar que son tres núcleos o estructuras conceptuales a conocer: la naturaleza corpuscular de la materia, la conservación de propiedades de la materia y las relaciones cuantitativas.

	institución no se sienta presionado por desarrollar en su totalidad los tópicos prescritos por los documentos estatales.
RESTRICCIONES INSTITUCIONALES	
<i>¿Cuál es el número de estudiantes por salón?</i>	Para el gobierno Nacional la ampliación de cobertura en nuestro país, se ha convertido en una de las directrices que tienen como propósito el de alfabetizar a toda la población estudiantil, para ello, han establecido una norma que reglamenta que el número mínimo de estudiantes por clase es de 40 . De hecho, las aulas de esta institución no deben sobrepasar un número de 30 estudiantes. Quizás, la anterior situación es uno de los factores que incide de manera decisiva en el aprendizaje y la enseñanza de los tópicos del currículo de la química, situación que se ve reflejada en los bajos resultados que obtienen los estudiantes de las escuelas públicas en las pruebas estandarizadas tanto a nivel nacional (SABER) como internacional (PISA, TIMSS, SERCE).
<i>¿Qué recursos curriculares están disponibles?</i>	La Institución educativa cuenta con una planta física adecuada en donde se tienen laboratorios de física, biología y química. Sin embargo, éstos son sub-utilizados como aulas de clase convencionales por los diferentes profesores del área a lo largo de los 5 días de la semana. Así pues, la anterior situación, se ha convertido en un obstáculo, dado que, cuando se requiere de estos espacios para llevar a cabo el trabajo de laboratorio o las demostraciones por parte del profesor, éstas se encuentran ocupadas en una clase convencional. De ahí pues, que nosotros hayamos tomado la decisión de diseñar actividades experimentales, las cuales se puedan realizar con materiales sencillos y en aulas convencionales, con el propósito de minimizar las restricciones impuestas por el nivel socioeconómico de los estudiantes, la falta de los espacios institucionales, de recursos para el área de ciencias y de materiales orientadores del proceso de enseñanza y aprendizaje (i.e., SEA's de tópicos específicos) y de personal de servicios generales encargados de administrar dichos lugares. De otro lado, a pesar de que estamos en la sociedad de la tecnología de la información y la comunicación virtual, nuestra institución carece de tecnoartefactos y de un número mayor de salas audiovisuales, de forma que asistan tanto al profesor como al estudiante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los tópicos de la química. De ahí que, los miembros del área de ciencias hayan tenido que gestionar de modo particular, la adquisición de algunos de estos instrumentos tecnológicos (ordenadores portátiles, videobeam, grabadoras, videograbadoras, cámaras fotográficas, internet móvil o acceso Wi-Fi, bafles de sonido, entre otros).
<i>¿Cuál es la intensidad semanal para la enseñanza de las ciencias y en particular de la química?</i>	El consejo Directivo a través de la sugerencia propuesta por el consejo académico toma la decisión de asignarle al área de ciencias naturales en la educación básica secundaria de 6° a 9° cuatro (4) horas semanales, las cuales, son distribuidas de manera autónoma por el profesorado del área en cada uno de los niveles y, son ellos quienes establecen bajo su sistema de conocimientos, creencias y valores, la intensidad para la enseñanza de los tópicos de biología, física, educación ambiental y química. De hecho, a la enseñanza de la química se le asigna (1) hora semanal. En tanto, en la educación media, a los grados (10° y 11°) se le han asignado para el curso de química una intensidad de (3) horas semanales, en donde el profesorado en

	conjunción con el estudiante desarrollaría el currículo planeado de dicha disciplina.
--	---

Tabla 5-2. SECCIÓN NO.2: ANÁLISIS CONCEPTUAL DEL NÚCLEO DE LA DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA⁴⁸

Esta sección describe los elementos teóricos de la educación en química que orientan al docente en la toma de decisiones curriculares e instruccionales contribuyendo al análisis conceptual del núcleo de la discontinuidad de la materia para establecer las ideas fundamentales y los esquemas conceptuales que lo subyacen, las cuales, serán enseñadas en coherencia con la investigación actual en educación en ciencias.

Análisis del contenido a los documentos curriculares e instruccionales a nivel nacional	
Preguntas Orientadoras	Generalizaciones Naturalísticas
<i>¿Cuáles son los núcleos conceptuales de la química en los que se podría organizar el currículo escolar.</i>	<i>Pozo et al., (1991); Pozo y Gómez Crespo (1998); Gómez Crespo et al., (1992) y Gómez Crespo, (2006)</i> desde el marco de la psicología cognitiva proponen que la mayoría de los contenidos científicos específicos de la química en la educación primaria y secundaria se pueden organizar en torno a tres núcleos conceptuales que son: la naturaleza corpuscular de la materia, la conservación de propiedades no observables de la materia y las relaciones cuantitativas. De ahí, que desde esta perspectiva se pueda considerar que éstos facilitan una comprensión más adecuada de la gran mayoría de conceptos específicos de los que son dependientes.
<i>¿Qué ideas fundamentales y esquemas conceptuales permiten andamiar el aprendizaje conceptual del núcleo conceptual de la</i>	El núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia recoge cinco ideas que serían fundamentales para que los estudiantes de secundaria puedan describir y explicar la naturaleza (ej., los estados de agregación y las diferencias entre sólidos, líquidos y gases), las propiedades físicas (ej., la masa, volumen, densidad, difusión de los líquidos y gases y, la dilatación de los sólidos); los cambios físicos y químicos que pueda experimentar la materia en su estructura (ej., la fusión, solidificación, condensación y la evaporación por agentes externos como la densidad, temperatura y presión; la oxidación química de un metal, entre otros). De ahí, que para andamiar el aprendizaje conceptual de los tópicos del currículo de química en la escuela secundaria se considere necesario que el profesor tenga en cuenta seleccionar, secuenciar y temporalizar la enseñanza del núcleo conceptual de la

⁴⁸ el marco teórico que subyace al concepto de demanda de aprendizaje de Leach & Scott (2002) sugiere hacer un análisis del contenido a los libros de texto, libros universitarios y documentos de investigación para conocer el nivel de tratamiento del tópico y, las posibles inconsistencias u omisiones que se le hacen a éste. Por tal motivo, se tomó la decisión instruccional de que este aspecto del diseño debería ser tratado individualmente, asignándole otra sección dentro del documento de Design Brief (sección No.2).

<i>discontinuidad de la materia en la escuela secundaria?</i>	discontinuidad de la materia a partir de las siguientes cinco grandes ideas: • <i>La materia está formada por pequeñas partículas que no se pueden ver: La naturaleza corpuscular o discontinua de la materia.</i> • <i>Entre las partículas que componen la materia se encuentra un espacio vacío: Espacios vacíos entre las partículas.</i> • <i>Las partículas que constituyen la materia, presentan movimientos intrínsecos: Movimiento constante e intrínseco de las partículas.</i> • <i>Las interacciones entre las partículas determinan los estados de agregación de la materia y sus propiedades.</i> • <i>Las partículas de una sustancia al interactuar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies de partículas que conforman una nueva sustancia.</i> Las anteriores ideas serán el mecanismo a través del cual, el estudiante logrará de manera progresiva hacer evolucionar sus ideas intuitivas sobre la naturaleza, cambios y transformaciones de la materia hacia los modelos corpuscular y cinético molecular de la química. Desde luego, estos últimos le permitirán a él explicar el comportamiento físico y químico de la materia a nivel cualitativo. Bajo el marco conceptual de la psicología cognitiva de Pozo y Gómez Crespo (1998), se tomó la decisión curricular de seleccionar las cinco grandes ideas, las cuales permitieron la introducción, uso y aplicación del <i>modelo corpuscular de la estructura de la materia</i>, y, <i>los tres niveles de representación de la materia</i>. En efecto, estas cinco ideas provienen de los presupuestos que constituyen el modelo corpuscular, como también, de las necesidades de superar las principales dificultades por el aprendizaje de la química en los estudiantes (la naturaleza de la materia como un sistema de interacción entre partículas; los obstáculos epistemológicos, ontológicos y conceptuales; el lenguaje multinivel y, la carencia de sistemas de representación alternativos que les permita comprender la naturaleza corpuscular). La última idea, también es sustentada a partir de la necesidad de explicar las propiedades y, los cambios de la materia que tienen lugar en su estructura física como química. Además de las anteriores grandes ideas, hemos tomado la decisión de fundamentar el aprendizaje de éstas a partir del desarrollo de esquemas conceptuales, tales como: <i>interacción sistémica</i>, <i>conservación de propiedades no observables</i> y <i>equilibrio térmico</i> (Pozo y Gómez Crespo, 1998) indispensables para interpretar el mundo macroscópico de los fenómenos naturales y cotidianos. <i>Garritz y Trinidad-Velasco (2006) y Rogat et al., (2011)</i> destacan la importancia de diseñar las actividades de aprendizaje sobre la
---	--

	discontinuidad de la materia focalizándose en los siguientes elementos: las cinco grandes ideas expresadas arriba; los esquemas de interacción sistémica y conservación; la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la materia (macroscópico, submicroscópico y simbólico). Desde luego, que ellos consideran que los anteriores elementos son potencialmente útiles para andamiar el aprendizaje de los principales tópicos del currículo de la química que encarna las cinco grandes ideas del núcleo de la discontinuidad de la materia. Adicionalmente, el marco teórico que subyace a estos elementos ilumina e informa el diseño del posible corredor conceptual con el que posiblemente podrá el estudiante recorrer su propia trayectoria conceptual durante el período de enseñanza, con la intención de darle sentido a la estructura de la materia y sus transformaciones.
<i>¿Qué tópicos específicos están adscritos a las grandes ideas sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia?</i>	Los anteriores presupuestos junto con la literatura basada en la investigación nos han permitido visualizar que los diferentes tópicos del currículo de la química están adscritos a las grandes ideas las cuales constituyen el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Tópicos y conceptos asociados como: las propiedades físicas de la materia y, los procesos de cambio físico y químico serán claves a lo largo de la enseñanza de este núcleo conceptual (éstos serán descritos en el documento de Design Brief). Por ejemplo, el tópico de los estados de agregación de la materia viene influenciado por grandes ideas, tales como: la materia está formada por partículas, espacios vacíos entre las partículas, movimiento intrínseco de las partículas. Desde luego, éstas también permitirán el desarrollo de otros tópicos de dicho currículo. En este sentido, cada una de estas grandes ideas le brinda la posibilidad al estudiante de ir construyendo de manera progresiva los diferentes tópicos que conforman el currículo de la química del grado noveno.
<i>¿Qué papel juega el marco teórico que subyace a los documentos curriculares estatales en ciencias, durante el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje de una lección?</i>	Documentos curriculares estatales Otro elemento que juega un papel clave a lo largo del diseño de esta secuencia de enseñanza, tiene que ver con el análisis de contenido que se le hizo a los principales textos escolares utilizados en las escuelas colombianas, además, de algunos libros universitarios usados en los cursos de química general en los primeros semestres de universidad. El propósito de esta tarea de diseño se centró en encontrar la forma cómo estos documentos abordan los elementos curriculares antes mencionados; en este sentido, se logró evidenciar una serie de fortalezas y debilidades que se describen a continuación: 1. Destacan significativamente los contenidos científicos, sin tener en cuenta, las concepciones alternativas o lenguaje social cotidiano y, en cómo lograr que éstas se reinterpreten o evolucionen a partir del lenguaje social científico escolar. 2. Son poco frecuentes las actividades de aprendizaje cuyo propósito fundamental sea que los estudiantes alcancen una diferenciación e integración de los tres niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) de la estructura, transformaciones y propiedades de la materia. 3. El cuerpo de conocimiento de estos textos escolares se centra básicamente en el nivel de representación submicroscópico y simbólico, descuidando la representación macroscópica de los fenómenos naturales.

	4. En los textos escolares se abordan una amplia variedad de tópicos, pero con un nivel de profundidad superficial, situación que restringe en los estudiantes el alcance de una comprensión conceptual profunda e integral de las principales ideas y prácticas científicas del currículum de la química. 5. La estructura lógica de la mayoría de los textos analizados no presentan de manera explícita o manifiesta una serie de actividades de aprendizaje, que le brinden a los estudiantes la oportunidad de desarrollar de manera progresiva los esquemas conceptuales que subyacen a los diferentes tópicos del currículum de la química. 6. En los libros de texto de secundaria, no se selecciona ni secuencia la enseñanza de los tópicos del currículo de la química dentro de las cinco grandes ideas, ya que, los profesores o diseñadores no fundamentan su diseño desde disciplinas de referencia, tales como, la psicología cognitiva y la pedagogía. En este sentido, casi todos los libros de texto de secundaria y universitarios analizados están orientados exclusivamente por disciplinas de referencia como la epistemología, la historia de las ciencias y la química. 7. Las tareas y actividades se basan en el uso de sistemas de representación proposicional de tipo algebraico, matemático o simbólico y en menor proporción las que propenden por la actividad de modelización (construcción de modelos explicativos en el nivel de representación submicroscópico). 8. Una de las fortalezas de los textos escolares y universitarios analizados tiene que ver con que éstos recogen la mayoría de los conceptos, leyes y teorías que se han generado al interior del campo de la química. Desde luego, que estos marcos podrían ser utilizados por el diseñador o profesor durante el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje con el fin de apoyar la toma de decisiones curriculares y de enseñanza del tópico. 9. Los textos escolares y universitarios suelen estar escritos a través de representaciones multimodal. Por ejemplo, utilizan textos de formato continuo y discontinuo, es decir, que suele representar los diferentes conceptos a través de secciones con una macro-estructura y superestructura semántica complementada con gráficos, tablas, modelos analógicos, simulaciones, ente otras. Así pues, la confluencia de esta serie de representaciones facilita el proceso cooperativo entre el autor, lector y texto.
--	--

	El diseño de esta secuencia de enseñanza y aprendizaje toma como una de sus fuentes de información el conjunto de documentos curriculares estatales cuyos marcos teóricos, direccionan de manera particular la educación en ciencias en el territorio colombiano, a saber: lineamientos curriculares en Educación en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (1998) y, los Estándares básicos por Competencias (2004). Así pues, el cuerpo de conocimientos de los lineamientos curriculares es el marco curricular que direcciona la educación en ciencias en Colombia. De hecho, en éste se encuentra un desarrollo teórico de aspectos que juegan un papel clave en el currículum, la instrucción y la evaluación. Por ejemplo, su estructura lógica deja ver los presupuestos de elementos, tales como: filosófico, epistemológico, sociológico, psico-cognitivo, y pedagógico. Desde luego, que la interacción de estos marcos con la sabiduría práctica que le otorga la experiencia al profesor o investigador, les permite a ellos tomar decisiones curriculares e instruccionales informadas por la investigación educativa con el propósito de llevar a cabo una enseñanza eficiente. En cuanto a los estándares básicos por competencias en ciencias naturales (2004) podemos afirmar que junto con los lineamientos, éstos son considerados documentos curriculares estatales, los cuales recogen las políticas en educación en ciencias del territorio colombiano (currículo prescripto). Estos direccionan el diseño, la enseñanza y la reflexión post-lección de los tópicos del currículo de dichas disciplinas). Naturalmente, en este documento se organiza el currículum de manera horizontal y vertical, con el fin de ilustrar la trayectoria conceptual que está esperando recorrer el estudiante dentro y a través de los grados de escolaridad. Así, en éste se encuentran descritos los estándares y las acciones de pensamiento, los cuales, están entrelazados de manera coherente. Dichos elementos encarnan de forma explícita o implícita las ideas fundamentales y esquemas conceptuales que configuran el currículum de ciencias naturales y educación ambiental en el territorio colombiano. En efecto, los marcos de los anteriores documentos que estructuran el currículum prescripto o estatal, los subyacen unos intereses y metas curriculares que quizás se encuentran alineadas con las necesidades personales, locales, nacionales y globales de la población en cuestión. De ahí, que los educadores de ciencias y/o el profesor de química a través de su sistema de conocimientos, creencias y valores transforme este currículum en uno planeado por medio de la toma de decisiones curriculares e instruccionales llevadas a cabo por éstos (Hasweth, 1985). En este sentido, la anterior situación le posibilita a ellos generar una serie de actividades de enseñanza/aprendizaje que deben ser secuenciadas de manera coherente para asistir a los estudiantes a lo largo de su progresión de aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, junto con el desarrollo de los esquemas conceptuales que subyacen a cada uno de los tópicos de esta disciplina. Adicionalmente, el análisis de contenido (ver diseño metodológico sección XX) nos permitió extraer el conocimiento latente que se encuentra en estos documentos estatales, y así emitir los siguientes presupuestos:
--	---

	El marco teórico que subyace a estos documentos estatales no selecciona, secuencia y temporaliza las cinco “grandes ideas”⁴⁹ y esquemas conceptuales en las que la psicología cognitiva y la educación en química han venido configurando la enseñanza/aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Gabel, 1998). Naturalmente, que el cuerpo de conocimiento que subyace a estos documentos podría jugar un papel clave al informar al diseñador durante la construcción de materiales curriculares (ej., SEA), siempre y cuando, este cuerpo de conocimiento sea complementado con un análisis de grano fino de la disciplina a través de la literatura proveniente de la investigación en educación en química y las teorías del aprendizaje. Por tanto, el establecimiento de vínculos claves entre los anteriores marcos le permitiría al diseñador construir un currículum que tendría coherencia dentro y a través de los grados escolares, situación que ayudaría a andamiar el aprendizaje de los estudiantes. Otro elemento de la educación en química que debe ser tenido en cuenta por el profesor o investigador quien asume el rol de diseñador de una secuencia de enseñanza y aprendizaje de un núcleo conceptual, son los tres niveles en los que se representa la estructura, propiedades y transformaciones de la materia. De hecho, las actividades de aprendizaje estructuradas desde esta perspectiva brindan la oportunidad para que los estudiantes alcancen una diferenciación e integración de los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico; por ello, se recomienda que éstas sean secuenciadas de manera que las primeras tareas sean abordadas desde el nivel macroscópico, y de manera progresiva, irse movilizand o a tareas pertenecientes a los niveles submicroscópico y simbólico con el propósito de evitar saturar la memoria de trabajo de los estudiantes. En este sentido, los niveles de representación juegan un papel clave en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, sin embargo, en el cuerpo de conocimientos del currículum estatal colombiano estos elementos de comunicación de la química, se encuentran diluidos en un mar de conceptos que constituyen dicho currículum estatal. Finalmente, se evidencia que los lineamientos curriculares colombianos desarrollan los elementos psicológicos que apoyan la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, sin embargo, éstos no aparecen de manera explícita en el cuerpo de conocimiento del documento, “estándares básicos por competencias en ciencias naturales”, los cuales encarnan el currículum estatal en ciencias. De
--	---

⁴⁹Según Pozo y Crespo (1998) las grandes ideas que configuran la enseñanza y el aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia son: la materia está formada por partículas, las partículas tienen movimiento intrínseco, entre las partículas existe un espacio vacío, el arreglo de las partículas determinan los estados de agregación de las sustancias, y las partículas de una sustancia al interactuar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies de partículas que conforman una nueva sustancia.

	hecho, en éstos sólo aparece este tipo de elemento de manera latente a través del planteamiento de los esquemas conceptuales de las ciencias tanto de orden cualitativo como cuantitativo. Por ejemplo, el esquema cualitativo de la conservación subyace al siguiente estándar, “Utilizo modelos biológicos, físicos y químicos para explicar la transformación y conservación de la energía” (p.141); en tanto, el de la interacción sistémica fundamenta al estándar, “Explico las fuerzas entre objetos como interacciones debidas a la carga eléctrica y a la masa” (p. 141). Ahora bien, en la estructura lógica de los estándares curriculares de nuestro país se encuentra de manera latente los tres núcleos conceptuales de las ciencias sugeridos (Pozo y cols., 1991; Gómez Crespo y cols., 1992; Pozo y Gómez Crespo 1998); los cuales articulan los diferentes conceptos del currículo de la química⁵⁰. Por ejemplo, en este currículo prescripto encontramos los siguientes estándares los cuales recogen la gran idea de la discontinuidad de la materia, a saber: 1. <i>El establecimiento de relaciones entre las características macroscópicas y microscópicas de la materia y las propiedades físicas y químicas de las sustancias que la constituyen”;</i> 2. <i>Explico condiciones de cambio y conservación en diversos sistemas, teniendo en cuenta transferencia y transporte de energía y su interacción con la materia.</i> Adicionalmente, en el cuerpo de conocimientos del documento de los estándares se encuentra el siguiente fragmento que deja evidenciar la importancia que tiene para los educadores de profesores esta gran idea: ”...Describir el desarrollo de modelos que explican la estructura de la materia” (MEN, 2004 p.136-141).
<i>¿Qué papel juega el marco teórico que subyace a los proyectos de investigación en ciencias, llevados a cabo en la institución en estudio, durante el</i>	Otra fuente de información que juega un papel clave en este diseño de la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia son los proyectos de investigación llevados a cabo en la institución educativa singular. Por ejemplo, el proyecto, “leyendo, hablando y escribiendo en el lenguaje, conceptual y metodológico de las ciencias experimentales, realizado por un grupo de tres profesores del área de ciencias , permite ver claramente que para el 2005 el currículum de la química en dicha institución ya había comenzado a configurar su estructura lógica a partir de elementos provenientes de la literatura basada en la investigación, como: los tres núcleos conceptuales de la química, los esquemas conceptuales y los niveles de representación. Naturalmente, estas primitivas secuencias de enseñanza y aprendizaje de dominio específico han sido implementadas y evaluadas con la intención de refinarlas desde ese año. Desde luego, que los primeros marcos teóricos que subyacen a estas primeras secuencias han ayudado a

⁵⁰ A partir de la revisión de los documentos oficiales, libros de texto y artículos de investigación basados en evidencias empíricas se han asumido los contenidos conceptuales de la química, estableciéndose una estrecha interacción entre los núcleos conceptuales, los esquemas conceptuales y los niveles de representación de la química (ver metasistema de la química (lección 1 del Worked Example.)

diseño de la secuencia de enseñanza y aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia?	direccionar el cuerpo de actividades de aprendizaje de esta SEA con la intención de diseñar un currículum coherente de la química. Adicionalmente, en la Institución Educativa se empezó a implementar en el año 2007 el proyecto, “Pensar con la Ciencia”, de manera paralela y coherente con el currículum de los cursos de ciencias en el nivel secundario de escolaridad. Así pues, éste es una adaptación al contexto colombiano del estudio CASE⁵¹ (“Aceleración Cognitiva mediante la Educación en Ciencias”) llevado a cabo a finales de la década del ochenta en UK. Ahora bien, los materiales curriculares provenientes de este estudio poseen una serie de actividades de aprendizaje, las cuales le brindan la oportunidad a los estudiantes de comenzar a desarrollar de manera progresiva esquemas de pensamiento formal que se encuentran alineados con los esquemas conceptuales propuestos por Pozo y Gómez Crespo (1998). Para ello, se enfrentan a éstos inicialmente con situaciones concretas y completamente andamiadas por el profesor, para posteriormente irlos moviendo a situaciones más abstractas y menos andamiadas. El marco teórico que subyace al proyecto, Pensar con la Ciencia, juega un papel clave en el aprendizaje de las grandes ideas que constituyen el currículum de ciencias en la institución Eustaquio Palacios. De hecho, el conjunto de actividades de aprendizaje les han permitido a los estudiantes comenzar a desarrollar de manera progresiva dentro y a través de los grados de la escuela secundaria, los esquemas conceptuales (ej., interacción sistémica, conservación, equilibrio, proporcionalidad, correlación y probabilidad) que fundamentan a las ciencias formulados por Pozo y Gómez Crespo (1998) desde la psicología cognitiva. Así pues, la anterior situación válida de manera empírica la decisión epistémica de diseñar la SEA en consideración tomando como uno de sus elementos centrales a los esquemas conceptuales de las ciencias antes mencionados. Otro elemento teórico prominente que suministra el proyecto, <i>Pensar con la Ciencia</i>, al diseño de la SEA de la discontinuidad de la materia, hace referencia a las teorías del aprendizaje cognitivo y sociocultural, las cuales le han brindado a los profesores del área de ciencias de la institución en cuestión el conocimiento pertinente de cómo aprenden los sujetos. De hecho, estos marcos informan la toma de decisiones instruccionales en cuanto a la organización y gestión de la clase, por ejemplo, en un alto porcentaje la práctica áulica adoptó una estructura de pequeños grupos y discusión con todos los miembros del colectivo áulico. Así, esta situación permitió sostener procesos de negociación de significado y formas de significar en un alto nivel de desafío intelectual. En cuanto a la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la estructura, transformaciones y propiedades de la materia (macroscópico, submicroscópico y simbólico), se puede afirmar que una serie de actividades de aprendizaje provenientes del proyecto, Pensar con la Ciencia, asiste a los estudiantes de esta Institución a lo largo del desarrollo del lenguaje
---	---

⁵¹ Este estudio “Pensar con la Ciencia” en el contexto colombiano fue llevado a cabo por Uribe (2005) con la financiación parcial de Colciencias y de la Universidad del Valle.

	multinivel de la química. Ciertamente, este tipo de actividades de aprendizaje le permitió moverse a ellos de manera progresiva desde un nivel concreto a uno abstracto a través de la interfaz simbólica. Finalmente, contrario a lo que sucede en los textos escolares y universitarios en donde se le da poco desarrollo a las cinco grandes ideas de la discontinuidad de la materia, en el proyecto Pensar con la Ciencia, sí se abordan éstas de manera clara y explícita. Por ejemplo, en la actividad de nombre “explicando las disoluciones” (Uribe, 2005) se trata de manera manifiesta grandes ideas como el vacío entre las partículas y el movimiento intrínseco de éstas; en tanto, en la actividad “explicando los estados de la materia, se presenta explícitamente ideas como: existencia de partículas; movimiento intrínseco de las partículas; estados de agregación; y el arreglo de las partículas determinan las propiedades macroscópicas de la sustancia. Los anteriores marcos han sido utilizados como uno de los criterios para tomar las decisiones curriculares que ayudan a configurar la estructura lógica de esta SEA, dado que, éstos han jugado un papel crítico en la comprensión profunda e integrada del currículum de la química que los estudiantes de la Institución han alcanzado en los últimos años⁵². Otra fuente de información que se ha utilizado durante el diseño de esta SEA es el marco teórico que funda al estudio de investigación, Una Construcción de un Currículum Alternativo en las Instituciones Educativas del Municipio de Santiago de Cali⁵³, dado que, este brinda elementos epistémicos como: conocimiento del contexto de ciudad, barrio y familia; conocimiento del contenido de cada una de las disciplinas del área de ciencias; conocimiento pedagógico del contenido; y pedagogía general. Por tanto, este cuerpo de conocimiento le ha permitido a los profesores del área de ciencias construir una identidad teórico y práctica, la cual ha venido iluminando e informando la serie de toma decisiones curriculares e instruccionales llevadas a cabo por ellos. Desde luego, estas decisiones se materializan en la construcción de elementos curriculares estrechamente relacionados con la SEA, a saber: objetivos de enseñanza; objetivos de aprendizaje; demandas de aprendizaje; estrategias pedagógicas; selección y secuenciación de contenidos; y evaluación formativa. Los anteriores presupuestos estimularon y orientaron una proyección curricular a las otras áreas del plan de estudios de la Institución Educativa singular, situación que dio como uno de sus productos la formulación de los proyectos de área y aula. Desde luego, que éstos comenzaron a ser considerados por esta comunidad de práctica como documentos de planeación del currículo de
--	--

⁵² Evidencia de la comprensión profunda e integrada de los diferentes tópicos del currículum de la química se pueden encontrar en los resultados de la prueba Saber 11, donde los estudiantes de la Institución Educativa en estudio, alcanzaron el nivel superior en esta disciplina.

⁵³ La Secretaria de Educación del municipio de Santiago de Cali de convocó a 10 instituciones oficiales a participar en el proyecto de investigación desarrollado por la Universidad del Valle, el cual se planteó como propósito fundamental la construcción de un currículo alternativo de ciencias naturales y educación ambiental en cada una de dichas instituciones, con el fin de comenzar a dar solución al problema de la falta de articulación entre la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación dentro del currículo de ciencias de la escuela primaria y secundaria.

	cada una de las disciplinas, cuyo fin central es la de organizar el currículo de manera vertical y horizontal dentro y a través de los años de escolaridad bajo las orientaciones y lineamientos estatales. De ahí, que estos documentos curriculares sean contruidos colegiadamente al inicio del año escolar por las diferentes áreas de conocimiento de la institución bajo consideración. En este sentido, los planes de área de ciencias especifican en un nivel de detalle de grano grueso los propósitos generales del área dentro y a través de los grados; los estándares básicos por competencias; los criterios de desempeño; y, las acciones de pensamiento, es decir, el conjunto de conocimientos procedimentales, conceptuales y actitudinales en cada ciclo educativo. Así pues, tanto planes de área como de aula deben ser contextualizados por el profesor, según los propósitos, necesidades y dificultades de los estudiantes singulares. En cuanto a los planes de aula, éstos pueden ser diseñados individual o colectivamente por los profesores. Naturalmente, su elaboración implica que ellos vinculen el conocimiento disciplinar, el conocimiento pedagógico del contenido y, el conjunto de creencias y valores con el propósito de apoyar la toma de decisiones curriculares e instruccionales sobre: qué, para qué, cómo, cuándo y dónde diseñar la enseñanza y el aprendizaje de los tópicos del currículo de ciencias correspondientes a un grado escolar (ej., sexto a séptimo; octavo a noveno, sucesivamente). Ahora bien, después que el profesor diseña su plan de aula por grado desde la perspectiva de los marcos estatales e institucionales, él debe continuar con el diseño de múltiples Secuencias de Enseñanza Aprendizaje de tópicos específicos que le permitan, andamiar progresivamente la trayectoria conceptual y, así lograr la comprensión conceptual de la química en los estudiantes singulares. Finalmente, se destaca que a pesar del diseño, la implementación y la evaluación de los anteriores proyectos de investigación educativa a nivel de la escuela, éstos no han estado informados por los marcos teóricos que subyacen a la línea de investigación de los estudios de diseño. De ahí que, se haya tomado la decisión de rediseñar la enseñanza y el aprendizaje del núcleo de la discontinuidad de la materia en esta institución, a partir de los presupuestos que le dan fundamento a la línea bajo consideración. Así pues, a través del análisis de contenido realizado a estos documentos se ha encontrado de manera manifiesta que según la problemática detectada en la sección No.1 en el análisis del contexto se evidencian algunas tensiones que se focalizan en los siguientes aspectos: 1. El conocimiento disciplinar y el conocimiento pedagógico del contenido de los profesores que enseñan el currículo de química en la educación primaria y secundaria básica y media (1º a 5º y 6º a 11º) en la que se hace evidente que ellos no han internalizado e integrado la perspectiva teórica sobre la enseñanza y el aprendizaje de los tópicos del currículo de la química con el marco psicológico que sustenta dicho proceso. En consecuencia, las limitaciones institucionales, la falta de formación
--	---

	de la disciplina junto con la poca fundamentación de los marcos teóricos de la pedagogía general y específica, han ocasionado en el profesorado un efecto de indefensión aprendida que da como resultado la no planeación o diseño de SEA's que aborden los núcleos y los principios conceptuales y que además, integren los niveles de representación de la materia (macroscópico, submicroscópico y simbólico). 2. Durante el diseño de las lecciones que configuran la SEA, los profesores de ciencias, no tienen en cuenta, que primero se debe establecer un lenguaje científico común entre profesor y estudiantes y que a partir de éste, se construyan las reglas del modelado. La intención es que sus modelos del sentido común o concepciones alternativas evolucionen progresivamente hacia los modelos científicos. 3. Tan solo en los planes de aula y área que diseñan e implementan los profesores con estudios de maestría en enseñanza de las ciencias se evidencia de manera latente la selección, diseño y temporalización de actividades de aprendizaje centradas en el núcleo de la discontinuidad, los tres niveles de representación y los esquemas conceptuales. Mientras, que los demás profesores de ciencias presentan debilidades en la enseñanza de los esquemas conceptuales y por tanto, no lo consideran en el diseño de la enseñanza. 4. Para el diseño de la SEA sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia para grado decimo fue necesario la construcción de un currículo alternativo en química en el que se ha ido incluyendo paulatinamente desde la educación secundaria. No obstante, nos falta aún considerarlo desde la educación primaria. Así pues este debe ser desarrollado bajo una perspectiva de un modelo de diseño de la enseñanza que la asuma como una progresión o trayectoria del aprendizaje conceptual en donde, tenga en cuenta, los tres núcleos conceptuales, los esquemas y la integración de los tres niveles de representación de la química.
--	---

Tabla 5-3. SECCIÓN NO.3: FORMULACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE ENSEÑANZA DEL NÚCLEO CONCEPTUAL DE LA DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA.

Esta sección se encuentra informada por el marco teórico proveniente de “la herramienta de demanda de aprendizaje⁵⁴” (Leach & Scott, 2002).

Justificación del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia en los documentos oficiales, libros de texto y ampliado por otros artículos de investigación”	Evidencias acumuladas de las concepciones alternativas o lenguaje social cotidiano de los estudiantes.	Demandas de aprendizaje sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia y conceptos adscriptos a éste.	Objetivos de enseñanza sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia y conceptos adscriptos a éste (se presentan con justificación explícita).
En las dos últimas décadas ha crecido el interés en los diseñadores curriculares y profesores por diseñar el currículum de la química tomando como fundamento la selección y secuenciación de los tres núcleos conceptuales, a saber: 1) la discontinuidad de la materia, (2) la conservación de propiedades no observables y (3) las relaciones cuantitativas (Pozo y Gómez Crespo, 1998, 2001; Gómez Crespo, 2005). Esta decisión curricular se origina como consecuencia de que éstos, les brindan a los estudiantes la oportunidad de construir, comunicar y evaluar los diferentes tópicos de esta disciplina en el aula de química. Adicionalmente, les permite a ellos de manera concomitante	Las concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes (14-16 años) a la enseñanza del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, en muchas ocasiones restringen el aprendizaje por comprensión conceptual de los tópicos de la química adscriptos a dicho núcleo (Kabapinar et al., 2004; Griffiths and Preston 1992; Johnson 1998; Novick and Nussbaum 1981; Holding, 1987; Johnstone, 1991; Lee et al., 1993; Ebenezer and	Con el fin de identificar las demandas de aprendizaje que requieren los estudiantes para internalizar el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, se hace necesario establecer una comparación entre el lenguaje social cotidiano y el lenguaje social científico. A partir de este evento, se determinan las diferencias existentes entre ellos. En efecto, las demandas de aprendizaje se construyen con el fin de que el profesor identifique y especifique explícitamente, la trayectoria conceptual que emprenderán los estudiantes para “apropiar e internalizar las historias	Los objetivos de enseñanza de contenidos específicos hacen explícitas las formas en que las ideas de los estudiantes se tienen en cuenta, se aprovechan y se hacen evolucionar hacia el lenguaje social científico mediante la intervención y orientación del profesor. Dichos objetivos de enseñanza contribuirán al cumplimiento de las demandas de aprendizaje sobre las cinco grandes ideas del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Por tanto, los objetivos contendrán la explicación argumentada de cómo se conseguirá que las concepciones alternativas sean tenidas en cuenta para lograr que evolucionen hacia las ideas científicas. Vale la pena destacar, que la secuenciación de estos objetivos de enseñanza logran ser justificados en términos de los marcos teóricos que subyacen a las dos herramientas de diseño que configuran el modelo de diseño del Grupo Leeds: el concepto de demanda de aprendizaje

⁵⁴ El término herramienta de diseño denominada como la demanda de aprendizaje es la traducción literal del constructo en inglés “Design Tools: Learning Demand”.

el desarrollo de los esquemas conceptuales⁵⁵ que subyacen a los tópicos en consideración (Doran, 1972; Furió 1986; Benarroch, 2000; Mitchell y Kellington, 1982; Gabel et al., 1987; Proyecto CLIS (Children Learning in Science Project, 1987; Seré, 1990). Ahora bien, una de las decisiones de diseño tomada en este estudio fue planificar la enseñanza y el aprendizaje del primer núcleo conceptual de la química: “la discontinuidad de la materia”, ya que, éste es apropiado para la enseñanza de los tópicos del currículo de la química en el grado noveno de una Institución Educativa del sector público. Las afirmaciones que destacan la importancia del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia para el diseño del currículum de la química, se sustentan a través de la literatura basada en la investigación en educación en química. De hecho, ésta deja evidenciar de manera clara las causas del por qué se debería secuenciar la enseñanza y aprendizaje de muchos de los	Erickson 1996; Gilbert et al., 1982; Vollerbregt, 1998; Brook et al., 1984; Pfundt, 1981). En este sentido, resulta de gran importancia explicitar este tipo de concepciones con el propósito de compararlas con las grandes ideas de las ciencias y, de esta manera desarrollar las demandas de aprendizaje y los objetivos de enseñanza como herramientas fundamentales para orientar el diseño de las diferentes actividades de aprendizaje que configuran esta SEA. Así pues, este principio de diseño tiene como fin el de asistir a los estudiantes en su movimiento a través de la trayectoria conceptual (Confrey, 2006). Concepciones alternativas de orden epistemológico:	científicas” que se ponen en escena en el aula de química (Leach y Scott, 2000; Couso, 2010) y que son requeridas para alcanzar el aprendizaje de la química, con la asistencia del profesor y del corredor conceptual que él diseña. Vale la pena resaltar, que el compendio de demandas de aprendizaje junto con los objetivos de enseñanza del contenido que el maestro diseña, harían parte de una misma trayectoria general de la lección. Así pues, cada estudiante recorrerá dicha trayectoria de manera particular, logrando alcanzar cada demanda según tiempos, niveles y estilos de aprendizaje singulares. Es decir, que cada estudiante recorrerá su trayectoria personal desarrollando la misma trayectoria conceptual de la clase. El campo de la educación en ciencias en la última década ha venido construyendo un	y el enfoque comunicativo (Leach y Scott, 2002; Leach, et al., 2009; Mortimer & Scott, 2003; Mortimer, Scott y Aguiar, 2004). Adicionalmente, al diseño de esta SEA también la subyace el marco de la psicología cognoscitiva (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Chi et al., 1994) y la pedagogía general fundamentada en los marcos de perspectiva anglosajona (Abell et al., 2010). De ahí, que se destaquen los siguientes tres aspectos claves: - La estructura epistemológica del conocimiento acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia abordado a través de las cinco grandes ideas, con la intención de, explicar por qué estas deben ser cuidadosamente secuenciadas, así como, los conceptos que están íntimamente asociados a ellas. - El análisis de las demandas de aprendizaje. Las cuáles, nos permiten evidenciar cuáles son las diferencias entre el lenguaje cotidiano y el científico que dificultan la comprensión conceptual de las grandes ideas y así, buscar el modo de superarlas; - El uso apropiado de la herramienta de diseño “enfoque comunicativo”. De ahí, que cada objetivo específico de enseñanza, debe
---	---	---	--

⁵⁵ Es importante hacer énfasis en que dichos principios o esquemas conceptuales se circunscriben en las tres dimensiones (principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales) concebidas por Pozo y Gómez Crespo (1998) como el mecanismo para acceder al cambio conceptual requerido para la comprensión de los tópicos del currículo de la química. De ahí que, la investigación haya propuesto estos tres núcleos estructurantes.

contenidos del currículum, tomando como eje articulador las grandes ideas que configuran al núcleo de la discontinuidad de la materia. Por ejemplo, algunos estudios permiten evidenciar la anterior asunción: -Por ser un núcleo de interés científico reciente (Nussbaum, 1989). -Permite la construcción de explicaciones causales de los cambios, propiedades y transformaciones de la materia (Nussbaum, 1989); -Facilita la comprensión de los fenómenos naturales, además, cuenta con gran capacidad explicativa y predictiva de los mismos (Brook et al., 1984); -Favorece la construcción y uso de modelos teóricos que le brindan la posibilidad al estudiante de integrar y diferenciar el mundo macroscópico del submicroscópico a través de prácticas científicas escolares (Seré, 1990; Barboux et al., 1987; De Vos, 1990). -Juega un papel clave en el inicio de la enseñanza y aprendizaje de la química, especialmente, en la educación secundaria, dado que éste apoya el aprendizaje de los contenidos y esquemas conceptuales de dicha	Por lo general, en este tipo de concepciones los estudiantes suelen interpretar el mundo submicroscópico a partir de las propiedades del nivel macroscópico. Por ejemplo, ellos afirman que un átomo de cobre tiene color café; los átomos de mercurio son plateados, las moléculas de hielo se derriten, las partículas cambian de estado”. Así pues, la anterior situación se materializa en el principio epistemológico del realismo ingenuo, el cual se fundamenta en la percepción del mundo macroscópico, donde se asume que la materia es como se ve y no como la concibe la comunidad científica, hecho que ha llevado a considerar ésta de manera continua y estática. Adicionalmente, los estudiantes cuentan con unos marcos intuitivos	cuerpo de conocimientos acerca de los estudios del diseño, en los cuales se afirma que el diseño de demandas generales y específicas del tópico en cuestión, orientaría al profesor para asistir a los estudiantes durante el aprendizaje por comprensión conceptual. En este sentido, la formulación de los objetivos de enseñanza del contenido tiene como fin central, abordar tanto las demandas de aprendizaje general como las específicas del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Demandas de aprendizaje General DAG: Profesor y estudiantes deberán establecer un lenguaje científico común (ej. conocer, diferenciar e integrar los núcleos conceptuales, niveles de representación, esquemas conceptuales de la química con la intención de entablar una comunicación continua y fluida entre los miembros áulicos a lo largo de las dos lecciones que configuran el Worked Example, cuestión	ir apoyado con la elección del tipo de enfoque discursivo que se encuentra en función de cada uno de ellos. ESTRUCTURA LOGICA DE LOS OBJETIVOS DE ENSEÑANZA DEL NUCLEO CONCEPTUAL DE LA DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA Al configurar los objetivos de enseñanza del contenido, el diseñador o profesor sugiere atender una estructura lógica, pensada y reflexionada con el fin de hacer frente a las demandas y resultados de aprendizaje previstos en la fase de diseño de la SEA. De hecho, ésta quizás permite que las concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes al aula evolucionen de manera progresiva hacia modelos de mayor poder predictivo. Ahora bien, para que esta estructura lógica direcciona la gestión de las metas curriculares, el diseñador debería de tomar decisiones instruccionales informadas por marcos provenientes de la investigación y la sabiduría de la experiencia, acerca de elementos tales como: representaciones y formulaciones del tópico; rutinas; técnicas; estrategias y modelo de enseñanza específicos a las ciencias (Abell, et al., 2010). Esta estructura instruccional debe percibirse como un proceso iterativo que va y viene a lo
---	--	--	--

disciplina (Llorens, 1987; Pozo et al., 1991; Gómez Crespo, 1996; Ben-Zvi et al., 1990) -Presenta proyección curricular, ya que le brinda a los estudiantes los instrumentos para establecer una relación epistémica con los contenidos de las otras disciplinas científicas (Halldén, 1988, 1997; Villaveces 2000, García, Mosquera y Mora 2003; Llorens 1988; Pozo et al, 1991). -Facilita una mayor comprensión de los conceptos específicos que se encuentran estrechamente relacionados con las cinco grandes ideas del núcleo conceptual en cuestión. Adicionalmente, permite el desarrollo progresivo de los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación, equilibrio térmico y, relaciones cuantitativas⁵⁶ (Pozo 1996, Pozo y Gómez Crespo, 1998,2001; Gómez Crespo, 2005). -Las grandes ideas que configuran dicho núcleo conceptual, brindan la oportunidad de diseñar trayectorias de enseñanza y aprendizaje en donde los estudiantes van alcanzando de manera	signados por el sistema sensorial y la interacción social, los cuales les permite a ellos adaptarse a su contexto y predecir futuras situaciones con éxito. De ahí que, dichas representaciones resulten difíciles de erradicar del sujeto. En consecuencia, esta situación deja evidenciar que éstos interpretan los fenómenos cotidianos al margen de los siguientes elementos: modelos teóricos de ciencia; lenguaje multinivel; principios y núcleos conceptuales de las ciencias. Por tanto, en esta SEA los anteriores elementos son tenidos en cuenta. Concepciones alternativas de orden ontológico: Los estudiantes <i>interpretan</i>	que evitaría sobrecargar la memoria de trabajo del estudiante. DAG: Diferenciar e integrar los tres niveles de representación de la química, con el propósito de que los estudiantes alcancen una comprensión conceptual e integrada del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia (Johnstone, 1982, 1991, 2006; 2010; Pozo y Gómez, 1998; Singer et al., 2003; Treagust et al., 2003; Wu, Krajcik y Soloway, 2001;Gómez Crespo, 2005). DAG: Modelar las cinco grandes ideas en que se divide el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, dado que esta es una de las prácticas que está alineada con el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. DAG: Conocer las reglas que rigen la construcción de modelos científicos, a través	largo de la enseñanza, para ello, los objetivos de enseñanza han sido formulados y secuenciados conservando la siguiente estructura que no ha sido asumida de manera lineal, sino cumpliendo la lógica del marco teórico y metodológico que lo subyace: • Introducir al aula de manera progresiva las cinco grandes ideas que constituyen el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia y los tres esquemas conceptuales, a través, del uso de las prácticas científicas (el modelado, la elaboración de argumentos y contraargumentos, entre otras). Además, suministrar la posibilidad en donde el aprendiz logre diferenciar e integrar los tres niveles de representación de la química (macroscópico, submicroscópico y simbólico). Con este objetivo se pretende que las cinco grandes ideas y conceptos asociados a ellas, logren ser explícitos para los estudiantes. • Invitar a los estudiantes a que expliciten sus ideas o conocimientos cotidianos sobre la naturaleza, propiedades, cambios físicos y químicos de la materia.
---	---	---	---

⁵⁶Este principio conceptual se abordará en un nivel de complejidad menor, teniendo en cuenta, que éste depende tanto de la comprensión y desarrollo conceptual de los principios de interacción y conservación de propiedades no observables y el equilibrio; así como, desde una perspectiva helicoidal y vertical asumida por los currículos prescripto y planeado.

progresiva formas de pensamiento más elaboradas. Por ejemplo, ellos comienzan a interpretar la estructura, propiedades y transformaciones de la materia desde un realismo ingenuo, pasando por uno interpretativo y finalizando en un constructivismo o relativismo (Pozo y Gómez Crespo, 1998) Así pues, para lograr que los estudiantes puedan generar marcos explicativos capaces de interpretar los fenómenos cotidianos que tienen lugar en el mundo que nos rodea, se requiere de parte del diseñador o profesor, la reflexión y toma decisiones informadas en las que se considere seleccionar, secuenciar y temporalizar el núcleo conceptual de la materia, a partir, de estas cinco grandes ideas. Ahora bien, ellas brindan una estructura lógica a dicho núcleo permitiendo que los estudiantes construyan el modelo corpuscular de la materia (Gómez Crespo, 2006). Así pues, los estudiantes aprenderían a interpretar que <i>“la materia se encuentra formada por pequeñas partículas, que permanecen en continuo movimiento e interacción,</i>	los cambios y las transformaciones de las sustancias, adscribiendo estos procesos a la categoría de materia en donde ellos le asignan propiedades, tales como: caliente o frío; solido, liquido o gas; rojo o verde; blando o duro; entre otras. De ahí, que éstos se limitan a explicar el mundo a través de modelos descriptivos sin llegar a establecer ningún vínculo con otras entidades conceptuales (Pozo y Gómez Crespo, 1998). De hecho, los estudiantes sostienen fácilmente, que la lluvia es líquida, el agua se congela, la parafina es sólida, el yodo se evapora. No obstante, ellos no son capaces de interpretar, por ejemplo: ¿Por qué se derrite un cubo de hielo si se deja a temperatura ambiente? o, ¿cómo el Iodo solido se evapora sin haber pasado por el estado líquido? De	de las cuales, la comunidad científica atribuye a las partículas las propiedades de vacío, movimiento y masa, fundamentales para poder generar un marco interpretativo consistente con la naturaleza y el comportamiento de las partículas. DAG: Desarrollar progresivamente los tres esquemas conceptuales de las ciencias: interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico a lo largo de la enseñanza y aprendizaje de las cinco grandes ideas y tópicos asociados al núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. DAG: Desarrollar competencias comunicativas, tales como: lectura comprensiva, escritura coherente y expresión oral concisa y clara, con la intención de establecer un vínculo estrecho entre el plano social y el plano individual que permita la negociación de significados y formas de significar dentro del proceso	• Explorar y trabajar explícitamente sobre las concepciones alternativas que tienen los estudiantes acerca de la naturaleza, propiedades físicas y, procesos de cambio físico y químico de la materia. Desde luego, este objetivo trata de desafiar el conocimiento cotidiano que tiene el estudiante sobre las ideas científicas que se están introduciendo en el plano social del aula de química con el fin de crear una necesidad de conocer y en consecuencia, se logre internalizar el lenguaje social científico. • Usar las grandes ideas y los esquemas conceptuales integrando los tres niveles de representación a nuevos contextos problemáticos para dar explicación a las propiedades y procesos de cambio físico y químico de la materia. A través de este propósito se busca apoyar a los estudiantes para que den sentido y significado a las ideas científicas en consideración, abordando las causas que hacen generalmente implausible las ideas o los conceptos científicos; aclarando y reforzando las explicaciones científicas cuando el profesor considera que aparecen incidentes críticos en la comprensión de las ideas, conceptos o esquemas conceptuales.
---	---	---	--

<i>entre las que no existe nada más que espacios vacíos y, las cuáles pueden combinarse para dar lugar a estructuras más complejas”.</i> Naturalmente, que al núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, lo sustenta dos grandes teorías: la atómica o corpuscular y la cinético-molecular. La primera, fue construida por los llamados químicos de las masas (Dalton, Lavoisier y Proust), quienes estudiaron las propiedades y las relaciones de éstas cuando se combinan las masas durante las reacciones químicas (Nash, 1966). Y la segunda, se origina desde el estudio de las propiedades de las sustancias en estado gaseoso (Boyle, Gay-Lussac y Avogadro). No obstante, a la importancia que han jugado estas teorías en la consolidación del campo de la química, éstas son abordadas en el currículum de esta disciplina de manera aislada e indiferenciada (Harrison & Treagust, 2002). Por tanto, se considera clave que estas dos teorías sean utilizadas de manera complementaria durante el diseño de la enseñanza y aprendizaje del núcleo	ahí, que se requiera un cambio de categoría ontológica, para superar el obstáculo de pasar de entidades a procesos, es decir, crear una nueva clasificación ontológica en la que un evento físico, logre ser explicado a partir de una sucesión de hechos y sus causas (Chi, Slotta y de Leeuw, 1994) y, en la que se hace necesario establecer además, relaciones de interacción entre los fenómenos y las propiedades de los cuerpos. Durante este proceso de cambio ontológico, inicialmente se establecen relaciones causales de orden lineal y unidireccional, pero a medida que el sujeto reestructura o reinterpreta las concepciones alternativas, estas representaciones le permitirían a él, concebir el fenómeno observado, como	de enseñanza y aprendizaje. DAG: Emplear el diario de clases como una herramienta curricular y de navegación conceptual, donde el estudiante ordena y estructura las ideas producto de la discusión dialógica generada al interior del colectivo áulico. DAG: Interpretar cada uno de los organizadores previos con el propósito de involucrar al estudiante en las actividades de aprendizaje de las cinco grandes ideas, cuyo fin es el de establecer un puente entre el conocimiento nuevo y el que ya tienen en su memoria permanente. Marco teórico que sustenta las demandas de aprendizaje específico según la naturaleza epistemológica, ontológica y conceptual En cuanto a las demandas de aprendizaje específicas al contenido, se ha tomado, la decisión de abordarlas desde tres ámbitos: <i>epistemológico, ontológico y conceptual</i> (Pozo y Gómez Crespo, 1998, 2001;	• Trabajar sobre la implausabilidad de las grandes ideas acerca del núcleo de la discontinuidad de la materia, debido a que, éstas son de naturaleza contraintuitiva por estar sustentadas por el lenguaje social abstracto de la ciencia. Finalmente, los anteriores presupuestos están enmarcados dentro de un modelo de enseñanza, el cual consta de tres fases: puesta en escena de la historia científica; apoyo al proceso de internalización y, traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante (Ver sección 4 del Design Brief). Objetivos de enseñanza generales del núcleo conceptual de la Discontinuidad de la materia 1. Apoyar a los estudiantes en el desarrollo de competencias lingüísticas, tales como: hablar, leer y escribir en el lenguaje de la química escolar (Lemke, 1990; Wertsch, 1991, Bakhtin, 1981, 1986; Sanmarti, 1999; Holliday, 1992) Este objetivo es informado por el marco teórico de enfoque comunicativo (Mortimer y Scott, 2003; Scott et al., 2006) focalizado en el uso de los diferentes tipos de discurso, a partir, de tareas centrales que recogen los diferentes tópicos y
--	---	--	---

conceptual de la discontinuidad de la materia, ya que, son la base de la construcción de otros modelos teóricos como: la estructura subatómica, el enlace químico, las sustancias puras, y disoluciones, las reacciones químicas, el equilibrio y la energía química, teoría cuántica, entre otros. De otro lado, el modelo corpuscular permite la posibilidad de interpretar que los gases presentan existencia material y en consecuencia, presentan el mismo patrón de propiedades físicas de los sólidos y líquidos. Es decir, que la diferencia entre estos se encuentra en la manera en que las partículas se distribuyen, se mueven e interactúan en cada sistema. De ahí, que se considere que la teoría atómica y cinética⁵⁷ se encuentran circunscritas dentro de un modelo corpuscular, el cuál resume los principales características que le ha atribuido la comunidad científica sobre	un sistema de relaciones de interacción entre las partículas de un mismo sistema o entre otros sistemas materiales. Así pues, la anterior situación le permitiría además, construir tanto el esquema de conservación de propiedades no observables como el equilibrio térmico. Concepciones alternativas de orden conceptual Los anteriores presupuestos epistemológicos y ontológicos que subyacen a las diferentes concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes a la escuela, se ven materializados en unos esquemas conceptuales que formatean dichas	Gómez Crespo, 2005; Vosniadou, 1994; Chi, 1992; Chi et al., 1994). Así pues, los estudiantes deben transitar de manera progresiva desde un nivel de representación macroscópico a un nivel submicroscópico, moviéndose desde una naturaleza de la materia continua a una discontinua. De hecho, este corredor conceptual les brindaría la oportunidad para que sus razonamientos espontáneos evolucionen desde un realismo ingenuo (lo que no se percibe no se concibe), pasando por un realismo interpretativo (las partículas son objetos físicos que solo pueden ser vistos con instrumentos tecnológicos o a través de experimentos validados por evidencias	esquemas conceptuales del currículo de la química. Para ello, tanto al inicio del año escolar como a lo largo de éste, se le enseñaran a los estudiantes estrategias de comprensión de lectura y escritura comprensiva provenientes de la literatura basada en la investigación para que ellos puedan superar sus marcos intuitivos a cerca de las competencias lingüísticas antes mencionadas (Holliday, 1992). De ahí, que se requiera como herramientas de navegación conceptual: • Apoyar el uso del diario de clases como el instrumento que vincula el lenguaje y pensamiento con el fin de promover el proceso de internalización del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. En él, se registra el desarrollo y progreso de las concepciones alternativas hacia las ideas científicas. 2. Diseñar organizadores previos que incorporen situaciones del mundo de la vida que le permitan al estudiante integrar
---	--	--	--

⁵⁷ conviene destacar que las dos teorías características de los textos escolares y la literatura de la química, son: la teoría atómica de Dalton y la teoría cinético molecular, desde luego, que la última es la más conocida a nivel de la escuela. No obstante, a que ambas teorías aparecen en los textos, rara vez son consideradas juntas, además, el relato de ellas en éstos es más descriptivo que explicativo (Harrison & Treagust, 2002). La primera de ellas, proviene del estudio de las reacciones químicas a nivel macroscópico, en tanto, que la segunda se origina del estudio del comportamiento de los gases a nivel submicroscópico. De hecho, en la formulación de los postulados de ambas teorías se puede ver claramente las representaciones del mundo macroscópico y submicroscópico del fenómeno en cuestión.

el comportamiento y naturaleza de la materia (Gómez Crespo, 2006). Por tal motivo, este modelo sea considerado el de mayor importancia para explicar la estructura, propiedades y transformaciones de la materia, dado que, éstos fundamentan el desarrollo de los diferentes tópicos del currículo de la química. Asimismo, por su valor explicativo este modelo juega un papel clave durante la enseñanza y el aprendizaje de los tópicos del currículo de la química desde grado sexto a once en la escuela secundaria. De ahí, que explicitemos algunas de las razones del por qué enseñar el modelo de partículas o modelo corpuscular de la estructura de la materia, el cual, recoge la naturaleza discontinua de la materia, a saber: -su uso en la educación secundaria ha sido escaso; -La falta de vínculo entre la teoría atómica, la teoría cinética de los gases y, el modelo corpuscular de la estructura de la materia. Asimismo, especificar sus diferencias conceptuales. -En la educación secundaria el modelo corpuscular es el mejor instrumento	concepciones alternativas, a saber: hechos, cambios sin conservación y relaciones cualitativas. De hecho, éstos son inconsistentes con los esquemas conceptuales que fundamentan al conjunto de tópicos que constituyen el currículo de la química, tales como: interacción sistémica, conservación, equilibrio y, relaciones cuantitativas. De otro lado, el realismo ingenuo con el que los estudiantes interpretan los fenómenos naturales les permite a ellos describir dichas situaciones en función de sus propiedades y cambios observables. Es decir, para ellos solo cambian lo que su sistema sensorial puede percibir, por ejemplo: cambios de color, estado, olor, formación de gases o desprendimiento de calor. Adicionalmente, los fenómenos químicos son	empíricas) hasta llegar a un constructivismo o relativismo (uso de modelos teóricos abstractos que le permitan interpretar la realidad). De hecho, muchas de las investigaciones han concluido que los estudiantes de secundaria, e incluso, algunos de primeros años de universidad presentan un nivel de razonamiento caracterizado por un realismo interpretativo, que les permite explicar fenómenos que no se perciben en el mundo macroscópico. Sin embargo, ellos consideran que la materia está formada por pequeñas partículas, “objetos físicos continuos”, a los cuales se les atribuye las mismas propiedades de los materiales que las conforman (obstáculo epistemológico Vosniadou, 1994) y ontológico, (Chi, 1992; Chi, Slotta y de Leeuw, 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1998). De otro lado, los estudiantes	elementos de la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente con el propósito de que el estudiante alcance una alfabetización científica la cual le permitiría tomar decisiones informadas a nivel personal, local y nacional. 3. Introducir en el aula de química, el desarrollo de las prácticas científicas, tales como: construcción de: modelos de tipo descriptivo, explicativo y predictivo; imágenes y representaciones visuales o iconográficas; formulación de hipótesis y predicciones y, diseños experimentales (Kress et al., 2002). Éstas brindan la oportunidad al profesor para poner en escena las grandes ideas en las que hemos secuenciado el núcleo de la discontinuidad. Además, estas prácticas son el vehículo a través del cual los estudiantes construyen y desarrollan los tópicos de la química en conjunción con los esquemas conceptuales que subyacen a éstos. 4. Introducir y desarrollar el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Dado que, éste es el primer marco teórico que fundamenta los diferentes tópicos del currículo para la enseñanza de la química en la educación secundaria. Vale la pena decir,
---	--	---	--

interpretativo para que los estudiantes logren explicar las propiedades y transformaciones de la materia (Merritt, 2010). -El modelo corpuscular es un modelo intermedio de la materia. Por tanto, es concebido como un modelo más potente y sofisticado que el modelo composicional macroscópico y el modelo microscópico continuo. De hecho, es clave para lograr que los estudiantes piensen en la naturaleza y comportamiento de la materia a escalas muy pequeñas, al mismo tiempo, que permite considerar la existencia y el comportamiento de los gases (ej., la dilatación y contracción térmica; la compresibilidad y densidad, entre otras). Sin embargo, este modelo no cuenta con la capacidad explicativa para interpretar potencialmente las reacciones químicas y la estructura submicroscópica de los átomos y moléculas, y por lo tanto, sus aplicaciones están limitadas a las propiedades físicas y los procesos de cambio físico y químico de las sustancias en un nivel de tratamiento cualitativo. En definitiva, las cinco grandes ideas	interpretados en primera instancia de manera cualitativa, y durante la instrucción comienzan gradualmente a utilizar reglas heurísticas aditivas y de correspondencia, las cuales le permiten encontrar una solución cuantitativa correcta o incorrecta a un problema químico, pero sin ser conscientes, de las relaciones de proporcionalidad que hay entre las variables (ver Pozo y Gómez Crespo, 2001 p.100). En este sentido, debemos diseñar actividades que le brinden la posibilidad al estudiante de desarrollar el esquema de la proporcionalidad, tanto directa como inversa, el cual le permitirá a él, poder darle sentido a la gran mayoría de conceptos cuantitativos de la química, tales como: mol, estequiometría, equilibrio	deben interpretar la materia como un sistema de partículas en interacción. Así pues, sus teorías sobre la materia parten de un conjunto de hechos y datos, los cuales los lleva a asumir una naturaleza continua de los fenómenos químicos y físicos. Desde luego, para lograr interpretar los cambios que sufre ésta, ellos emplean modelos de causalidad lineal y unidireccional que posteriormente tendrán que cambiar por unos que requieren comprender los fenómenos o situaciones como un sistema en interacción y equilibrio. Finalmente, se requiere que los estudiantes interpreten dichos cambios e interacciones desde el establecimiento de relaciones cualitativas y progresivamente avanzar hacia el uso de esquemas de cuantificación. Sin duda alguna, estos permiten establecer relaciones de proporcionalidad entre las	que el modelo de enseñanza que utilizaremos es de perspectiva helicoidal, en el cual, el desarrollo de los diferentes conceptos se dará en un orden creciente de complejidad a lo largo de la lección que configura el Worked Example (ejemplo elaborado para la idea de discontinuidad de la materia). 5. Identificar, diferenciar e integrar progresivamente los tres niveles de representación de la química (Pozo, 1998; Guardado, Osuna y Ortiz, 2008), en cada una de las grandes ideas que hacen parte del núcleo de la discontinuidad de la materia, con el propósito de darle sentido a los múltiples fenómenos naturales con los que se enfrenta en su cotidianidad. Adicionalmente, este proceso cognitivo le evitaría a los estudiantes sobrecargar su memoria de trabajo en el momento en que se estén enfrentando a un nuevo conocimiento científico ya sea presentado por el profesor o por otros medios de comunicación. (Jhonstone, 2010). 6. Brindar a los estudiantes oportunidades para que comiencen a potencializar los esquemas conceptuales de la química, ya que, éstos fundamentan el aprendizaje de las grandes ideas y a su vez, son la base
--	--	---	---

reflejan de manera secuencial y helicoidal, tanto el modelo corpuscular de la materia, como el tratamiento del contenido conceptual a ser enseñado, tal como se observa a continuación:	químico, concentración entre otros⁵⁸. Tomando en cuenta los anteriores presupuestos, se hace necesario explicitar de manera sucinta las diferentes concepciones alternativas acerca de las cinco grandes ideas que en esta SEA configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, con el fin de diseñar la enseñanza de dicho núcleo:	diferentes propiedades de la materia. Los anteriores presupuestos orientaron el diseño de las demandas específicas, para ello, se articularon los elementos claves de las anteriores demandas generales con las cinco grandes ideas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia y los esquemas conceptuales que subyacen a éstas.	para la enseñanza y el aprendizaje de las mismas. Este objetivo se logra, a medida que se vayan tratando cada una de las grandes ideas, ya que éstas requieren del desarrollo de los esquemas de interacción sistémica, equilibrio y conservación. En consecuencia, estos esquemas conceptuales le ayudarán a los estudiantes a comprender los fenómenos naturales y físicos. Más adelante, en un nivel mayor de complejidad conceptual, se estudiará el esquema de proporcionalidad el cual requiere tener como prerrequisito los anteriores esquemas mencionados. 7. Abordar explícitamente la naturaleza relativista de los modelos teóricos de la ciencia para que comprendan que los científicos investigan en la actualidad nuevos modelos o teorías científicas que serían utilizadas para interpretar un rango más amplio de propiedades, cambios y transformaciones de la materia. Desde luego, que los anteriores elementos le servirían al estudiante para darle sentido a las situaciones problemáticas recogidas en el organizador previo. De hecho, éste se
---	---	--	--

⁵⁸ Vale la pena aclarar, que el esquema conceptual de la proporcionalidad no será introducido en esta SEA, ya que, el modelo corpuscular de la materia es un modelo de naturaleza cualitativa y no cuantitativa, por tanto, éste no permite el desarrollo de dicho esquema conceptual de naturaleza cuantitativa.

			estructura a partir de fenómenos cotidianos que ocurren en la realidad del sujeto, con el propósito de que él active sus concepciones alternativas y, logre establecer una relación entre el conocimiento explícito en la memoria permanente y la nueva información presentada (Ausubel et al., 1978). A continuación se explicitan dichos objetivos de manera diferenciada según su naturaleza epistemológica, conceptual y ontológica en cada una de las cinco grandes ideas en que se dividió dicho tópico en consideración:
--	--	--	---

<i>Idea 1: La materia está formada por pequeñas partículas que no se pueden ver (Gómez Crespo, 2006).</i>	<i>Idea No. 1: La materia está formada por pequeñas partículas que no se pueden ver (Gómez Crespo, 2006).</i>	<i>Idea No. 1: La materia está formada por partículas que no se pueden ver (Gómez Crespo, 2006).</i>	<i>Idea No. 1: La materia está formada por pequeñas partículas que no podemos ver (Gómez Crespo, 2006)</i>
Esta idea es considerada por la comunidad científica como uno de los pilares sobre los que se soporta la química moderna. De hecho, para lograr su validación tuvo que sobrevenir una verdadera revolución conceptual y paradigmática de los más connotados físicos y químicos a través de todos los tiempos (Estany, 1990; Carey, 1991, Thagard, 1992). Por tanto, esta idea es clave para que los estudiantes puedan ir consolidando una comprensión submicroscópica de la materia ya que ésta le permitiría superar las limitaciones que ponen los sentidos. Además, posibilitaría el	Ver artículos por: Osborne and Cosgrove, 1983; Jones, 1984; Stavy, 1988, 1990, 1991; Jones and Lynch, 1989; Andersson, 1990; Bar and Travis, 1991; Lee et al., 1993; Pozo y Gómez Crespo, 1997, 2005; Johnson, 1998; Tsai, 1999; Çalik and Ayas, 2005; Nakhleh, Samarapungavan y Saglam, 2005; Tatar, 2011; Rogat et al., 2011). Concepciones alternativas de origen epistemológico, ontológico y conceptual en el nivel de representación macroscópico <i>CE: El conocimiento de la materia en la mayoría de los estudiantes de secundaria, es muy fragmentado (Nakhleh,</i>	ESPECIFICACION DE LAS DEMANDAS SEGÚN SU ORIGEN EPISTEMOLOGICO, ONTOLOGICO y CONCEPTUAL DC: Conceptualizar el constructo de cada uno de los niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico). DC: Diferenciar e integrar los tres niveles de representación de la química con el fin de construir un lenguaje común en el desarrollo del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, que permita darle sentido a los fenómenos naturales y físicos. DC: Considerar que núcleos, esquemas conceptuales y niveles de representación son considerados juntos como un meta-sistema que	OBJETIVOS EPISTEMOLÓGICOS ONTOLÓGICOS Y CONCEPTUALES OEC⁵⁹: Promover activamente la descripción de los tres núcleos conceptuales, los esquemas conceptuales y los tres niveles de representación para establecer un lenguaje o jerga formal en el que se representa la química. OEC: Proporcionar a los alumnos la oportunidad de reflexionar sobre la necesidad de integrar los núcleos conceptuales, niveles de representación y los esquemas conceptuales de la química para acceder a la comprensión de los tópicos del currículo de la química a partir del aprendizaje sobre el significado y la utilización de modelos evitando en lo posible de sobrecargar su memoria cognitiva. OEC: Animar a los estudiantes para que a partir de su conocimiento cotidiano logren la conceptualización de los tres niveles de representación de la química.

⁵⁹ Este estudio se ha categorizado los objetivos de enseñanza en: OEC (objetivo de enseñanza conceptual); OEE (objetivo de enseñanza epistemológico; y OEO (objetivo de enseñanza ontológico). Asimismo, algunos objetivos son de naturaleza tanto ontológica, epistemológica y conceptual.

esclarecimiento de otros conceptos y demás nociones corpusculares. Así pues, esta idea contribuirá a conceptualizar los siguientes presupuestos que parten de una concepción macroscópica a una submicroscópica y simbólica de la materia: • Los cuerpos o sustancias materiales permanecen en continua interacción entre sus partículas. • • Los objetos están compuestos por distintos materiales con propiedades distintas; • Los estados de la materia son conceptualizados macroscópicamente como las distintas formas que adoptan las sustancias materiales; • La materia está formada por pequeñas partículas que no podemos ver;	<i>Samarapungavan y Saglam, 2005). Esto se debe a que ellos asimilan el conocimiento científico de nivel submicroscópico, a partir de marcos explicativos de nivel de representación macroscópico”.</i> CC: <i>Muchos de los estudiantes consideran que una representación es un dibujo o grafico de un objeto o sustancia en particular. Un grupo más pequeño de estudiantes la conciben como (una idea, concepto o imagen mental de los objetos, fenómenos o situaciones del mundo real) que es utilizado por la comunidad científica para interpretar los fenómenos cotidianos.</i> CO: <i>Algunos estudiantes consideran que los sólidos, líquidos y gases son tres tipos diferentes de materia, en lugar de creer, que las sustancias pueden adoptar diferentes</i>	fundamenta el aprendizaje de los conceptos de la química y permite el desarrollo de esquemas de pensamiento formal en los estudiantes. DO-C: Construir el concepto macroscópico de sistema como un mecanismo para dar cuenta de las múltiples interacciones existentes entre los conceptos científicos como en los cuerpos materiales. DC: Conceptualizar los estados de agregación como las diferentes formas macroscópicas que adoptan las sustancias materiales. Mientras que la interpretación submicroscópica los describiría como las formas en que se disponen las partículas. Adicionalmente, comprender que existe un cuarto estado, el de plasma, el cual se encuentra en ambientes cuya presión y temperaturas son críticas. DO: Considerar una nueva clasificación ontológica en la que un evento físico, logre ser explicado a partir de una sucesión de hechos y	OEE: Trabajar sobre la comprensión de los tres niveles de representación, fortaleciendo los conceptos que han sido construidos a partir de situaciones teóricas y, mediante el uso de prácticas científicas como las demostraciones o el trabajo experimental, por parte del profesor. Con este objetivo se intenta dar traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante aplicando el nuevo conocimiento aprendido en nuevos contextos problemáticos con el fin de que el estudiante pueda comenzar éstos tanto en los escenarios académicos como cotidianos para darle sentido a los múltiples fenómenos naturales. OEC: Explorar la comprensión conceptual de las ideas y los esquemas conceptuales con los que llegan los estudiantes al aula de química en los siguientes tópicos: • El concepto de <i>materia y material</i>. • La idea de la identidad material: <i>“los objetos están compuestos de diferentes materiales con propiedades diferentes”</i> • La idea de cantidad de material. • La idea de la conservación de la identidad material. • La idea de conservación de la cantidad de material. • Sólidos, líquidos y gases son estados aparentes de las sustancias. De ahí que, los
---	---	---	--

• Las partículas que forman la materia presentan un arreglo que determina las propiedades macroscópicas de ésta; • Las partículas que conforman las sustancias materiales son de naturaleza abstracta. Es decir, no tienen existencia real ni material. • Hacer explícita la distinción entre la teoría atómico-molecular, la teoría atómica de Dalton y el modelo corpuscular. Asimismo, especificar las relaciones que se entretejen entre dichas teorías y modelos. • El modelo corpuscular presenta las partículas como pequeñas bolitas esféricas y duras, de tamaño submicroscópico que poseen diferentes	<i>estados de agregación (Stavy, 1991; Gómez Crespo, 2005). Por ejemplo, ellos pueden encontrar difícil de apreciar que el agua, el vapor de agua y el hielo son la misma sustancia.</i> CC-O: <i>Un gran número de estudiantes no logran diferenciar entre la apariencia física de los objetos y el material del que están hechos (Johnson, 1998). Por tal motivo, ellos presentarían dificultades al momento de describir macroscópicamente sus propiedades físicas generales y específicas.</i> CO: <i>A muchos estudiantes les cuesta dificultad describir la forma geométrica o espacial que adoptan los sistemas materiales. De ahí que, asumen esta propiedad como si se tratara de los estados de agregación de la materia. Naturalmente, no logran identificar las formas</i>	sus causas. DC: Desarrollar una clara comprensión de lo que significa “estar hecho de”, ya que, esta idea permite el apalancamiento de la concepción discontinua de la materia y del concepto de sustancia. DO-C: Reconsiderar que los objetos están hechos de diversos materiales y que su forma aparente puede cambiar sin que esto signifique perder su identidad y la cantidad de material. DC: Comprender que las sustancias en cualquiera de sus estados de agregación presentan características o propiedades físicas extrínsecas (generales) o intrínsecas (particulares) que las identifica y diferencia en el mundo macroscópico. DC-O: Construir el concepto macroscópico de propiedad física e identificar las principales propiedades físicas que caracterizan la materia y, que son inherentes al	materiales pueden existir en cualquiera de estas formas. Los anteriores objetivos de enseñanza tienen propósito central que los estudiantes tomen conciencia de sus concepciones alternativas para posteriormente comenzar a hacer que éstas evolucionen de manera progresiva hacia unas representaciones de mayor nivel de elaboración. De hecho, estas ideas y tópicos del currículo pueden ser consideradas como ideas de apalancamiento hacia un modelo corpuscular de la materia más sofisticado “el modelo corpuscular de la materia”. Asimismo, éstas apoyarán el desarrollo de los esquemas conceptuales. OEE: Comprometer a los estudiantes en explicaciones de tipo descriptivo sobre situaciones problemáticas, en donde se aborden las propiedades físicas extrínsecas de la materia en un nivel de desarrollo cualitativo (ej., la forma, el peso, el volumen y posteriormente, la masa). Con este objetivo, se pretende que los estudiantes hagan uso consciente de las ideas que constituyen el modelo composicional macroscópico y el modelo microscópico continuo, a través de prácticas científicas como la explicación, el modelado, la interpretación, la predicción, la argumentación, entre otras que han
--	---	--	--

tamaños y colores, dependiendo de la sustancia que los componen; • Las partículas que componen las sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso permanecen en movimiento perpetuo e intrínseco y, en interacción (intra-partícula e inter-partícula). • Las partículas de una misma sustancia o sistema material conservan su forma y tamaño. • Explicitar claramente la naturaleza abstracta de los modelos científicos con la intención de que la enseñanza cubra la naturaleza del modelado, explicando que cada uno de ellos poseen límites predictivos y explicativos y en consecuencia, la	<i>regulares o irregulares de sólidos; adicionalmente, les cuesta definir que líquidos y gases no poseen formas definidas y en consecuencia, éstos adoptan la forma del recipiente que los contiene.</i> <i>CC: Algunos estudiantes aún no conceptualizan de manera constructiva, el término propiedad física. Adicionalmente, les cuesta identificar propiedades como el volumen, la densidad, la compresibilidad, la fluidez de los sistemas materiales de que están hechos.</i> <i>CE. Los estudiantes presentan dificultad en describir o explicar de manera argumentada propiedades físicas, tales como: el peso, el volumen y la masa en el contexto de los sólidos, líquidos y gases.</i> <i>CC: Los estudiantes no</i>	objeto y al material de que está hecha (ej., tamaño, forma, volumen, masa) y sustancialización de los gases. DC: Reconocer y diferenciar las propiedades de peso y masa, ya que, los estudiantes suelen utilizar éstas de manera indiferenciada. Quizá dicha situación se deba a que peso y masa son considerados cotidianamente como constructos semejantes debido a que la fuerza de gravedad ha sido cuantificada experimentalmente con un valor equivalente y constante dentro del planeta tierra. DC: Desarrollar la comprensión de la ideas: “pesado para su tamaño” y pesado para su volumen”. La comprensión de estas ideas va a permitir más adelante construir el concepto de densidad en el estado sólido, líquido y gaseoso. DC: Reconsiderar que la materia se presenta de forma sólida, líquida, gaseosa y plasmática. Además, reconocer que según el estado, las	sido abordadas en la enseñanza previa. OEE- C: Invitar al estudiante a que plantee contraargumentos a las explicaciones descriptivas presentadas por sus pares acerca de las situaciones problemáticas, las cuales recogen las propiedades físicas de la materia con el propósito de construir de manera consensuada unos modelos teóricos de mayor elaboración. Para alcanzar este fin se requiere: • Desarrollar paulatinamente un patrón consensuado de propiedades físicas (ej., forma, peso, volumen y masa) en el contexto de los estados de agregación sólido, líquido y gaseoso con el objeto de que los estudiantes puedan comprender que los materiales en los diferentes estados poseen propiedades comunes que los permite distinguir e identificar. A partir de éste, se intenta empezar a desarrollar el pensamiento del estudiante sobre la idea de discontinuidad de la materia y con ella, introducir las demás ideas o características que configuran el modelo corpuscular de la estructura interna de la materia que serán descritas más adelante. OEC-O: Reconocer y hacer explícitas las concepciones alternativas que poseen los estudiantes acerca de la existencia material de los gases y, de algunas de sus propiedades
---	--	--	---

comunidad científica debe construir y usar nuevos modelos mas sofisticados y potentes que logren interpretar el mayor numero de fenómenos o variables del mundo físico. Hacer énfasis, en que el modelo corpuscular de la materia es el modelo explicativo de nivel intermedio que debe ser enseñado en la escuela secundaria, No obstante, este es un instrumento interpretativo potente capaz de explicar una gran parte de las propiedades físicas, cambios físicos y químicos de la materia. Además, contribuye significativamente a alcanzar la alfabetización científica necesaria para el desarrollo de la ciencia, la tecnología, la salud y del medio ambiente.	<i>cuentan con un patrón común de propiedades físicas para describir los sistemas materiales según su estado físico aparente. Dicha situación le imposibilita acceder a la estructura interna de la materia con la que podrá interpretar las propiedades físicas de los objetos materiales.</i> <i>CC: A muchos estudiantes se les dificulta desarrollar la idea de que cuando un sistema material cambia de forma o estado físico, también cambian algunas de sus propiedades físicas (ej., el volumen, la densidad, entre otras).</i> <i>CE. Los estudiantes no interpretan los fenómenos o propiedades de la materia a partir de modelos teóricos abstractos como el modelo corpuscular sino a partir de su conocimiento cotidiano o modelos alternativos.</i>	sustancias adoptan su apariencia en el mundo macroscópico. DC: Desarrollar la idea de que el arreglo submicroscópico de las partículas influyen en las propiedades de la materia. DC: Considerar que el peso y el volumen son propiedades proporcionales a la cantidad de materia. DE: Considerar la idea de que la materia está formada por átomos, pequeñas partículas que se encuentran en movimiento e interacción constante que pueden combinarse para formar estructuras más complejas y entre las que solo existen espacios vacíos. Este marco interpretativo les permitirá a los estudiantes comprender la naturaleza submicroscópica de la materia con la que podrá darle sentido a los fenómenos naturales desde un marco explicativo más potente. DC: Reconocer que aunque las sustancias pueden asumir una	macroscópicas. Con este objetivo se pretende evidenciar las posibles barreras conceptuales que se oponen a la aceptación de dicha idea, a conocer: • Los gases “son nada” ya que estos no son perceptibles por nuestros sentidos. En consecuencia, no poseen propiedades físicas que los identifique. • Los gases no pesan y en consecuencia, su peso es negativo. • Los gases solo pueden permanecer en la superficie de los materiales dentro de un sistema cerrado. OEC-O: Orientar las causas de la implausabilidad de la idea de discontinuidad de la materia y la sustancialización de los gases demostrando que: • Los gases deben ser considerados como entidades materiales y, por tanto, presentan propiedades que los <i>caracteriza</i> e identifica de los sólidos y líquidos (ej., sus bajas densidades, la alta compresibilidad y fluidez, entre otras). • Los gases tienen peso y volumen. Sin embargo, ellos son livianos para su tamaño y volumen. Con este objetivo se pretende que los estudiantes comprendan que los gases son entidades materiales. Esta tarea le permitiría al estudiante,
--	--	---	--

	CE-O: Los modelos que los estudiantes utilizan generalmente no tienen en cuenta la idea de que diferentes materiales están hechos de diferentes tipos de partículas. CE-O: Los estudiantes perciben la materia de forma continua y estática, aun, cuando ya conocen la idea de discontinuidad, durante la instrucción previa recibida. CE-O: Los estudiantes conciben las partículas como entidades o trozos de materia diminuta que no se pueden ver y que para ello, la tecnología ha creado instrumentos que permiten visualizarlos (ej., los microscopios). Por tal motivo, ellos le atribuyen características de objetos materiales, creyendo fielmente en su existencia material. Es decir, que ellos presentan	apariencia distinta (estados de agregación) dichas sustancias están constituidas por partículas. Sin embargo, todas las sustancias, las constituyen diferentes tipos de partículas. DC: Conceptualizar que la materia a nivel submicroscópico está representada en un conjunto o agregado de partículas, y, que éstas constituyen la materia en sus tres estados (Griffiths and Preston 1992; Johnston 1998; Novick and Nussbaum, 1981). D-E-O-C: Comprender la diferencia entre el significado cotidiano y científico del término “partícula”. Esta demanda se logra, introduciendo la idea de que las partículas son entidades abstractas que han sido representadas por la comunidad científica a través de diseños experimentales en los que intervienen sistemas proposicionales de tipo matemático, estadístico y analógico. A partir de este hecho,	readscribir los gases a la categoría de materia (Pozo y Gómez Crespo, 1998), para que más adelante le dé sentido al comportamiento de éste, en términos, de la categoría de procesos. OEC: Introducir en el plano social del aula, la idea de que “la materia está formada por partículas que no se pueden percibir a través de nuestro sistema sensorial, sino que son modelos teóricos generados a partir de la interacción cognitiva del sujeto. Naturalmente, esta idea les permite a los estudiantes darle sentido a la naturaleza, estructura y transformaciones de la materia. Adicionalmente, brindaría la oportunidad de continuar con el desarrollo de los esquemas conceptuales de la química, situación que le serviría a ellos como apalancamiento de ideas, tales como: • Las partículas individuales son de tamaño submicroscópico, situación que las hace invisibles. No obstante, se debe hacer especial énfasis en que las partículas son modelos teóricos abstractos que la comunidad científica ha construido para darle sentido a las propiedades y transformaciones de la materia.⁶⁰ Ahora bien, dicha comunidad ha logrado valerse de la experimentación empírica para demostrar su rigor y validez
--	---	---	--

⁶⁰ Estas dos primeras ideas serán aspectos claves a construir durante la enseñanza de esta gran idea. Por tal motivo, son resaltadas con negrita. Las demás se irán introduciendo progresivamente a lo largo de las demás ideas en que se dividió el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

	<i>obstáculos epistemológicos originados por una concepción de realismo ingenuo y/o realismo interpretativo centrada en aspectos perceptivos. Asimismo, consideran que en el nivel de representación microscópico se encuentran las células, virus, bacterias y objetos o sustancias materiales con dimensiones muy pequeñas propios de una concepción animista.</i> CC: Los estudiantes suelen describir los tres estados de la materia a nivel macroscópico. Es decir, que ellos frecuentemente utilizan las propiedades macroscópicas para hacerlo, tales como: los sólidos son duros y densos, los líquidos mojan y fluyen y, los gases son invisibles y ligeros. No obstante, olvidan tener presente la representación submicroscópica para explicar	se puede interpretar la naturaleza, propiedades y cambios de la materia. DO: Interpretar que los gases son entidades materiales que están compuestos por partículas y presentan propiedades características, tales como: masa, volumen, forma no fija, entre otras. DE: Comprender que el modelo corpuscular de la estructura de la materia, fue construido por la comunidad científica con el propósito de darle sentido al comportamiento y transformaciones de la materia. Es decir, que el modelo es una representación abstracta y relativista del comportamiento de ésta. DE: Comprender que el modelo corpuscular puede ser utilizado por los estudiantes en determinados contextos para predecir el comportamiento de cada uno de los estados de agregación de la materia.	<i>teórica, situación que ha desdibujado la realidad abstracta de las partículas.</i> • El arreglo submicroscópico de las partículas determinan la apariencia o estado de agregación de las sustancias. • Entre partícula y partícula de un sistema material solo pueden existir espacios vacíos. • Las reglas del modelado le han asignado a las partículas las propiedades de masa y movimiento (Albanese y Vicentini, 1997). Así, la comunidad científica ha establecido teóricamente que las partículas en cualquier sistema material, están en constante movimiento e interacción. OEC: Comprometer a los estudiantes con el uso de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia, con la intención, de que éstos logren explicar algunas propiedades físicas generales⁶¹. Con este objetivo, se pretende establecer la diferenciación e integración entre el nivel de representación macroscópico y el submicroscópico. OEC: Comprometer a los estudiantes con el uso de la idea de que la materia está formada por
--	--	---	--

⁶¹ En esta lección de aprendizaje se han seleccionado propiedades físicas básicas (forma, masa, peso y volumen) con la intención deliberada de vincular los niveles de representación macroscópico con el submicroscópico.

	<i>cada uno de los estados aparentes de los sistemas materiales.</i> CE: <i>Los sólidos están compuestos por partículas mientras que los líquidos y los gases contienen además de partículas, otras cosas como: polvo, aire, bacterias, virus entre otras.</i> CO: <i>Las partículas tienen las mismas propiedades del sistema macroscópico al que pertenecen.</i> CE: <i>Los estudiantes presentan problemas al explicar y construir argumentos acerca de las propiedades de la materia, los estudiantes utilizan y aplican el modelo de partículas, pero las explicaciones son esencialmente descriptivas (nivel macroscópico). Es decir,</i>	DE: Construir modelos representacionales iconográficos uni y tridimensionales que le permitan visualizar cómo se comportan las partículas en cada uno de los estados de agregación, dependiendo del tipo de actividad que se desarrolle en el aula de química. DE: Interpretar que el modelo corpuscular tiene sus límites explicativos y predictivos. De hecho, las investigaciones sobre la educación en química informan que éste no logra explicar bien las reacciones químicas y, por lo tanto, sus aplicaciones están limitadas a las propiedades físicas de las sustancias. De ahí, que existan en la actualidad otros modelos teóricos más sofisticados, con mayor poder explicativo y predictivo, los cuales permitirán explicar otros conceptos, propiedades y reacciones químicas en otros contextos más complejos (ej., modelo atómico-molecular de la materia, enlace químico; la tabla	partículas que no se pueden percibir a través de nuestro sistema sensorial, con el propósito, de apalancar la construcción de las demás ideas de vacío, movimiento e interacción entre las partículas, las cuales constituyen el modelo simple de partículas. OEO-C: Desafiar las ideas contraintuitivas acerca de la naturaleza discontinua de la materia detectando in situ, aquellos incidentes críticos que se oponen a la aceptación de un modelo corpuscular de la materia que describe la naturaleza y comportamiento de las partículas. OEC: Comprometer a los estudiantes con la construcción gradual de las ideas de vacío, movimiento y fuerzas de interacción entre las partículas, con la intención de que éstas logren explicar con un nivel mayor de sofisticación algunas de las propiedades físicas y fenómenos cotidianos, tales como, la forma, masa, volumen, la disolución y, difusión. OEC: Apoyar al estudiante en el desarrollo de los esquemas conceptuales⁶², a saber: • La conservación de propiedades no observables (el tamaño y número de
--	--	--	---

⁶² Al dar traspaso de responsabilidad a los estudiantes de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia en el contexto de los cambios físicos de la materia, los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico, son los mecanismos explicativos a través de los cuales se da sentido al fenómeno de la sublimación del dióxido de carbono.

	que no se identifican mecanismos más profundos para explicar por qué las partículas se comportan como lo hacen. CE. Las partículas en los estados sólido, líquido y gaseoso son representadas iconográficamente por los estudiantes como trozos de materia continua, en su gran mayoría de forma esférica; como pequeños puntos y en otras, con formas alargadas, punteadas, triangulares o cuadradas. CO. Los estudiantes piensan que los gases no son entidades materiales, dado que, éstos no son perceptibles por sus sentidos. C.C: Los estudiantes no diferencian entre el significado cotidiano y científico de la palabra partícula (Ebenezer and Erickson, 1996; Gilbert et al., 1982; Vollerbregt, 1998).	periódica; el concepto ácido-base; la estructura interna de la materia – electrón, protón, orbitales, entre otros de mayor nivel de abstracción). DC: Desarrollar el esquema conceptual de la interacción sistémica, ya que éste favorece la comprensión de que la materia está formada por pequeñas partículas en constante movimiento e interacción. Así, dichas interacciones generan transferencia de energía de un sistema de mayor temperatura a otro de menor, o en su defecto transferencia energética entre partículas de un mismo sistema. DC: Comprender que la interacción sistémica produce la transferencia de energía de un sistema a otro, hasta que se alcance el equilibrio térmico. DC: Desarrollar el esquema conceptual de conservación de propiedades no observables. Con este principio se intenta que los estudiantes comprendan que las partículas que conforman un	partículas permanece constante así cambie la apariencia física de la sustancia). • La interacción sistémica (a partir de un análisis cualitativo) y, en el contexto de las propiedades físicas y los procesos de cambio físico. • Proporcionalidad directa en un nivel simple de complejidad. OEE: Promover y destacar el desarrollo y comparación de representaciones iconográficas unidimensionales. Adicionalmente, introducir el uso de simulaciones que permitan visualizar e interpretar la naturaleza y el comportamiento de las partículas en cada uno de los estados sólido, líquido y gaseoso, a partir, del uso de convenciones. Este objetivo, permite seguir introduciendo y apoyando el proceso de internalización de (esquemas conceptuales de conservación de propiedades no observables y, las ideas de naturaleza corpuscular de la materia, vacío, movimiento y fuerzas de interacción entre las partículas), entre los estudiantes. OEE: Demostrar algunas causas que originan la implausibilidad del modelo corpuscular: El modelo corpuscular es el que más se ajusta a los antecedentes cognitivos de los estudiantes de la escuela secundaria. De ahí, que éste sea utilizado por ellos para darle sentido a las
--	--	---	--

	CC: Los libros de texto representan iconográficamente las partículas con distintas formas (triángulos, cuadrados y esferas) y colores, para distinguir la diversidad de tipos de átomos. No obstante, esto generalmente ocasiona en los estudiantes confusión en cuanto sus modelos son de naturaleza contraintuitiva signada por los sentidos y la percepción macroscópica. En consecuencia, esta situación les lleva a interpretar que las partículas presentan formas y colores diversos según el tipo de sustancia que representen.	sistema, dependiendo de si ocurre cambio físico o químico, pueden conservar o no propiedades como el tamaño, la forma, el número de partículas, la identidad material y cantidad de la sustancia. DC: Conceptualizar la presión como la fuerza que se hace sobre un área cuando dos o más sistemas están en interacción. Con el propósito de comenzar a tomar en cuenta a esta propiedad como un factor que en conjunción con la temperatura determina el estado de agregación de una sustancia bajo consideración. DC: Apreciar que los estados de agregación no condicionan la forma, el número ni el tamaño de las partículas. Por tanto, se conserva la naturaleza de las mismas. DC: Reconocer que las partículas en las sustancias fluidas como los líquidos y los gases pueden moverse, colisionar y deslizarse unas sobre las otras, mientras que en el estado sólido estas se encuentran en una posición fija. De ahí, que se	propiedades físicas y los procesos de cambio físico y químico. Sin embargo, éste se queda corto para explicar un sinnúmero de fenómenos más complejos del mundo físico. En este sentido, se requiere introducir y utilizar otros modelos de la ciencia con el fin de explicar fenómenos como la estructura interna de las partículas, el enlace, la tabla periódica, los compuestos acido-base entre otros. También, resulta necesario aclararles a los estudiantes que los modelos representan una realidad, pero no son la realidad. Asimismo, hacerles tomar consciencia que el modelo corpuscular tiene límites explicativos, los cuales están inscritos a un contexto de investigación y experimentación, es decir, que éstos son de carácter relativista.
--	---	---	---

		pueda reconocer que las partículas en el estado sólido presentan fuerzas de atracción o enlaces que hacen que éstas se mantengan unidas y por tanto, sea imposible, por ejemplo, atravesar la mano a través de ellas como ocurre en los líquidos y gases.	
--	--	---	--

IDEA 2: Espacios vacíos entre las partículas: Entre las partículas que componen la materia se encuentra un espacio vacío.	IDEA 2: Espacios vacíos entre las partículas: Entre las partículas que componen la materia se encuentra un espacio vacío	IDEA 2: Espacios vacíos entre las partículas: Entre las partículas que componen la materia se encuentra un espacio vacío	IDEA 2: Espacios vacíos entre las partículas: Entre las partículas que componen la materia se encuentra un espacio vacío
(Pozo y Gómez Crespo, 1998; Kabapinar, et al., 2004)	(Pozo y Gómez Crespo, 1998; Mirzalar-Kabapinar, 1998; Kabapinar et al., 2004; Nussbaum, 1985; Stavi 1988, 1995, 1997a; Furio 1983; Novick y Nussbaum, 1978, 1981; Stavy, 1987; Llorens, 1988; Pozo, Gómez, Limon & Sanz, 1991; Pozo, Gomez Crespo y Sanz, 1993; Driver, 1993, 1994; Krajcik, McNeill et al. 2008; Merritt, 2010).	(Pozo y Gómez Crespo, 1998; Gómez Crespo, 2005; Kabapinar, et al., 2004).	(Pozo y Gómez Crespo, 1998; Kabapinar, et al., 2004).
Esta noción ha sido esencial para la interpretación macroscópica del mundo	CC: La literatura de educación en ciencias ha dejado ver que la idea de vacío entre partículas es contraintuitiva, es decir, van en	DE: Comprender que entre las partículas existe un espacio vacío, así, el sistema sensorial de los sujetos no perciba la existencia de	Esta gran idea le permite al estudiante moverse de manera progresiva hacia formas de pensamiento más sofisticado acerca de ideas como: transformaciones físicas y químicas, estados de

en que vivimos. De hecho, la comunidad científica junto con la idea de la naturaleza corpuscular las ha considerado como uno de los pilares en que se sustenta la química hasta nuestros días. No obstante, la aceptación de que entre las partículas que componen la materia hay un espacio vacío tuvo un coste alto para su asentimiento, requiriendo para ello una revolución conceptual en la manera en que se representaba el mundo de los objetos y fenómenos del mundo material. Así pues, no asumir el vacío entre las partículas significaba abandonar a su vez la posibilidad de movimiento intrínseco de éstas. De este modo, se quedarían sin sustento teórico todas las	<i>contra del sistema sensorial de los sujetos. De ahí que, la comprensión de los fenómenos naturales como la difusión, solubilidad, compresión, disolución requiere de una alta inversión cognitiva de los estudiantes y, del diseño de unas buenas actividades de aprendizaje en conjunción con estrategias de enseñanza de perspectiva constructivista.</i> <i>En este sentido, los estudiantes presentan confusión en describir y en consecuencia, conceptualizar el fenómeno de la compresibilidad. De hecho, afirman que la compresibilidad es la fuerza que se aplica a una sustancia material, en lugar de afirmar que la fuerza ejercida sobre las partículas produce un acercamiento entre estas entidades.</i> CE-O: <i>Los estudiantes a partir de su concepción realista, ingenua e indiferenciada, conciben que las partículas en</i>	esta propiedad a nivel submicroscópico de la materia. Dicha comprensión, brinda la posibilidad al estudiante de darle sentido de manera coherente a fenómenos como: difusión, solubilidad, compresibilidad, disolución, entre otros. DO-C: Conceptualizar macroscópicamente la idea de vacío, fuerza y presión, como constructos teóricos que no deben ser categorizados como objetos materiales, sino como procesos de interacción restringida, con la intención de darle sentido a la compresión de los sistemas materiales (Pozo y Crespo, 1998, Chi, 1992). Por lo general, se destaca que la gran idea de vacío sirve de apalancamiento para el aprendizaje de muchos tópicos del currículum de la química. DC: Comprender macroscópicamente que los sólidos y líquidos no se comprimen mientras que los gases sí, a causa, de que en los	agregación, mezclas homogéneas y heterogéneas, compresibilidad y dilatación, soluciones, concentración, solubilidad, factores que afectan la solubilidad, entre otros. De hecho, que para alcanzar una comprensión conceptual e integrada, los estudiantes necesitan establecer una diferenciación e integración de los niveles de representación macroscópico, submicroscópico y simbólico de la química. Adicionalmente, ellos para dicho fin deben de utilizar los esquemas conceptuales de interacción sistémica, equilibrio térmico y conservación de propiedades no observables. En este sentido, al igual que en la anterior idea el diseño de la enseñanza del vacío se focaliza en las siguientes fases: puesta en escena; apoyo a la internalización y traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante. Así, los objetivos de enseñanza serán secuenciados dentro de estas tres fases. OEC: Direccionar las actividades de aprendizaje que le brinden la oportunidad a los estudiantes de volver conscientes sus concepciones alternativas de la gran idea de vacío entre las partículas, y de los conceptos adscriptos a ésta. Por ejemplo: ▪ Mezclas homogéneas y heterogéneas, sustancias puras.
--	---	---	---

aproximaciones que dieron cuerpo a las distintas teorías sobre la materia. Por ejemplo, las leyes que explican el comportamiento de los gases no tendrían un sustento teórico y experimental fuerte para sostenerse en el campo de las ciencias. Finalmente, la comprensión conceptual e integrada de la idea del movimiento intrínseco, le permitiría a los estudiantes darle sentido a fenómenos naturales tales como: estados de agregación; disolución; compresibilidad, difusión, densidad, entre otros. Adicionalmente, la evolución de dicha idea, brinda la posibilidad para que ellos continúen con el desarrollo de los esquemas de interacción sistémica y equilibrio	<i>el nivel de representación submicroscópico se comprimen como lo hacen las sustancias en el mundo macroscópico, es decir, le transfieren propiedades del mundo macroscópico a las partículas.</i> CE: Los estudiantes de secundaria cuentan generalmente con un único modelo de representación matemático, para representar el fenómeno de la densidad a nivel macroscópico. Sin embargo, ellos no son capaces de interpretar el fenómeno de la densidad en términos de espacios entre las partículas y demás mecanismos explicativos subyacentes a la naturaleza corpuscular de las sustancias solidas, liquidas o gaseosas (Leach, Amettler & Scott, 2010). CE: Los estudiantes permanentemente sostienen una visión continua o un modelo compacto de la estructura de la materia. De ahí, que ellos no	primeros los espacios vacíos son considerados muy pequeños, en tanto los segundos son grandes. DO-C Internalizar que la interacción sistémica es un proceso en el cual se transfieren energía entre unas partículas y otras hasta alcanzar un equilibrio térmico. De hecho, esta situación le permite a las partículas moverse espontáneamente y de esta manera aumentar o disminuir el espacio vacío. DC: Explicar que el tamaño del espacio vacío entre las partículas depende de factores como la energía y la magnitud de las fuerzas intermoleculares. Desde luego, que este hecho le permitiría a los sujetos comprender los diferentes estados de agregación en los que se percibe la materia. DC: comprender que la idea de espacios vacíos es plausible, inteligible y fructífera para predecir y explicar fenómenos como disolución, solubilidad,	▪ Soluciones, concentración, solubilidad, factores que afectan la solubilidad. ▪ Compresibilidad, dilatación y difusión. ▪ Densidad a nivel macroscópico y submicroscópico. OEE: Trabajar explícitamente sobre el conocimiento cotidiano y, las concepciones alternativas que se generan a razón del uso de la idea de espacios vacíos cuando intentan explicar los fenómenos de: compresibilidad, densidad y disolución. Este objetivo se logra haciendo uso de las ideas de espacio vacío; la naturaleza corpuscular de la materia, el arreglo y la distribución de las partículas. El propósito es lograr que las concepciones de sentido común de los estudiantes basadas en un <i>modelo continuo y compacto de la estructura de la materia</i> vayan evolucionando hacia el lenguaje social científico. OEC. Comprometer al estudiante con situaciones problema que les permita volver consciente las concepciones alternativas sobre la idea del espacio vacío entre las partículas. Por ejemplo, él admite el espacio vacío en sustancias de apariencia gaseosa, sin embargo, niega la existencia de éste en la materia de apariencia sólida.
--	--	--	--

térmico.	<i>representen espacios vacíos entre las partículas de sólidos (apariencia dura y compacta); mientras que en los gases y líquidos (difusión) si lo hacen. No obstante, en los líquidos los infravaloran o supervaloran. Lo anterior se debe a que el estudiante posee una indiferenciación entre la percepción macroscópica y la submicroscópica de la materia.</i> CE: Los aprendices en su gran mayoría niegan la existencia del vacío⁶³ entre las partículas, asimismo, cuando ellos representan iconográficamente modelos en dos dimensiones para dar cuenta del arreglo de las partículas de una sustancia en estado sólido, las partículas las representan completamente juntas. Es decir, que éstos conciben que no hay nada entre ellas o, que existen otras porciones de la misma clase.	concentración, tipos mezclas, entre otros. Naturalmente, dicha comprensión se logra a partir de actividades de aprendizaje en el nivel experimental, las cuales le brindan la posibilidad al estudiante de establecer unas claras relaciones conceptuales. DC: Internalizar la idea que tanto los sólidos, líquidos y gases presentan la propiedad intrínseca de la densidad, la cual puede ser interpretada a nivel macroscópico a partir de la relación entre las propiedades masa y volumen. Asimismo, este fenómeno es interpretado a nivel submicroscópico como la medida de que tan cerca o lejos están las partículas entre ellas, hecho, que determina el volumen que ocupa la sustancia a nivel macroscópico. DC: Considerar que las densidades de las sustancias cuando se congelan son mayores	OEC: Apoyar a los estudiantes en la construcción de explicaciones descriptivas más consistentes sobre el fenómeno de la <i>compresibilidad</i> en el contexto de los estados de agregación de la materia. Con este propósito se intenta que los estudiantes comprendan que los sólidos y líquidos no pueden ser comprimidos en condiciones normales, mientras que los gases sí. Esto significa que podrán interpretar, por ejemplo, que los gases como el propano y butano, se pueden comprimir en pipas para permitir la combustión de los alimentos en los hogares. OEC: Introducir la idea de espacios vacíos con el fin de plantear explicaciones submicroscópicas del fenómeno de la compresibilidad en el contexto de los estados físicos. Con este objetivo, se pretende que el estudiante pueda comprender a través de relaciones conceptuales que existen entre las partícula unos espacios vacíos, los cuales son los determinantes del comportamiento de las sustancias nivel macroscópico. OEO-C: Desarrollar los esquemas conceptuales de la interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico, los cuales, le permitirían darle sentido a los
----------	---	--	--

⁶³ Una de las concepciones alternativas mas común y difícil de superar es que existe una continuidad en la materia, afirmando que: “no hay nada, ni siquiera un espacio vacío entre las partículas” que de hecho, resulta plenamente coherente con la apariencia perceptiva que adoptan las sustancias o materiales en estado sólido, específicamente.

	<i>Ahora bien, cuando la sustancia está en fase gaseosa, ellos afirman que entre las partículas existe aire, entre otras entidades materiales más. En cuanto al estado líquido, los estudiantes cuentan con diversas representaciones para las cuales, la investigación no ha podido encontrar un modelo concreto y consensado que permita establecer un patrón común entre ellas.</i> CO: Hay algunos estudiantes quienes aceptan el vacío, no obstante, lo asimilan a “huecos”. A favor de lo anterior, la literatura ha recogido algunas respuestas dadas por los estudiantes acerca de lo que hay entre las partículas, afirmando por tanto que entre ellas hay: aire, otras partículas, gases, una sustancia muy ligera, gérmenes, polvo y	que cuando están en estado líquido. A excepción del agua, que al congelarse aumenta de volumen y por tal razón, su densidad disminuye. De ahí que sea importante generar interpretaciones del fenómeno en un nivel submicroscópico. DE: Comprender que tanto los sólidos, líquidos y los gases presentan espacios vacíos entre las partículas y, no como su apariencia macroscópica lo determina, al declarar por parte de los estudiantes, que entre las partículas de los gases hay aire, polvo, bacterias, virus, entre otras. DC: Ser capaz de apreciar que al considerar los espacios vacíos entre las partículas en el contexto de los estados de agregación, se suma una nueva propiedad no observable, las distancias intermoleculares, la cual está	conceptos de mezclas homogénea y heterogéneas; disoluciones; concentración; solubilidad, cambio físico, dilatación y compresibilidad. Adicionalmente, los estudiantes logren diferenciar las nociones de la conservación de la masa y de la sustancia. OEC: Ayudar a los estudiantes a representar el fenómeno de la densidad introduciendo progresivamente las ideas de la naturaleza corpuscular de la materia, espacios vacíos, distancias intermoleculares, movimiento intrínseco y cantidad de partículas. Desde luego, que éstas generarían la oportunidad para que los estudiantes desarrollen los esquemas conceptuales⁶⁴ de: interacción sistémica, conservación y correlación. Con este objetivo, se pretende que los estudiantes comprendan los mecanismos explicativos que recogen el concepto de las distintas densidades de las sustancias en cada uno de los estados de agregación de la materia. Asimismo, que a través de estos mecanismos puedan establecer relaciones de proporcionalidad entre las variables masa y volumen con el fin de modelar matemáticamente el fenómeno en cuestión.
--	--	---	---

⁶⁴ Cabe recordar, que el concepto de densidad también requiere el desarrollo de los esquemas conceptuales de la proporcionalidad y correlación a nivel cuantitativo (Pozo & Gómez, 1998). No obstante, el diseño de la secuencia de actividades está centrada en el desarrollo de los conceptos y esquemas de naturaleza cualitativa. Posteriores diseños irán abordando progresivamente los tópicos y los principios conceptuales de orden cuantitativo.

	<i>suciedad.</i> CC: Los estudiantes infravaloran las separaciones existentes entre las partículas de los gases, en tanto, las supervaloran en el estado líquido. CO: Los estudiantes consideran que cuando se disuelve una porción de soluto en un solvente, el soluto se derrite, desaparece, pierde la forma, el tamaño de la porción de soluto se reduce (Holding, 1987; Prieto et al., 1989; Lee et al., 1993) CC: Los estudiantes afirman que en una disolución el soluto se va al fondo de la disolución y, no se mezcla con el solvente, es decir, a ellos se les dificulta concebir que las partículas del soluto pasan a ocupar los espacios vacíos de las partículas del solvente (Abraham et al., 1994; Lee et al., 1993).	relacionada con los espacios vacíos. En consecuencia, a mayores espacios entre las partículas, mayores distancias las separan unas de otras. Según esto, las partículas en el estado sólido presentan pequeños espacios y distancias que ocasionan que éstas no se toquen entre sí; las partículas de los líquidos, presentan mayores espacios y distancias que las del sólido. Sin embargo, se debe evitar infra valorar o supervalorar tales espacios en cada uno de ellos. En tanto, que los gases se caracterizan por poseer el mayor rango de espacios y distancias entre las partículas que los constituyen. La ciencia nos permite predecir que la proporcionalidad que se guarda entre el estado sólido, líquido y gases es de 1:1:14 respectivamente. DC: Representar el fenómeno de la disolución a partir del desarrollo de los esquemas conceptuales de interacción	OEC: Apoyar el uso de representaciones iconográficas bidimensionales (nivel simbólico) que le permitan visualizar macroscópicamente y de forma cualitativa, los espacios vacíos y las distancias entre las partículas en cada uno de los estados de agregación: sólido, líquido y gaseoso. Al mismo tiempo, que representen las distancias existentes entre dichos espacios en los diferentes estados de agregación de la materia. OEC: Representar y formular a través de actividades de aprendizaje centradas en el nivel macroscópico, los conceptos de mezclas y disoluciones, con el propósito de que los estudiantes puedan darle sentido a algunos fenómenos naturales. Por ejemplo, el proceso de la elaboración de una limonada; la constitución del aire; el mecanismo por medio del cual se disuelve la grasa con un solvente orgánico, la elaboración de los alimentos, entre otros. OEE: Demostrarle al estudiante la implausibilidad de la explicación científica de nivel macroscópico, a cerca del fenómeno de la disolución, destacando los límites conceptuales que se oponen a la aceptación del modelo corpuscular de la materia. Para ello, podríamos utilizar las siguientes tareas problematizadoras: ○ ¿Se conserva la masa al disolver un sólido en un líquido?
--	---	--	--

	CC: A nivel macroscópico algunos estudiantes no comprenden la conservación de la masa y de la sustancia durante los procesos de disolución, por ejemplo, ellos creen que cuando el azúcar se mezcla con el agua, ésta se evapora o se derrite; otros estudiantes conceptualizan que como el azúcar se disuelve en el agua, ésta deja de existir. Driver, 1993; Stavy, 1987). Finalmente, los estudiantes después de varios años de escolaridad aceptan la existencia del espacio vacío en las sustancias que se encuentran en estado gaseoso (difusión de los gases), no obstante, niegan la existencia de éste en el estado sólido (apariencia compacta y dura); en cuanto al vacío en el estado líquido se encuentra en un nivel intermedio de dificultad. CC: Los estudiantes piensan que para que ocurra el	sistémica, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico. DC: Llegar a establecer que las sustancias sólidas, líquidas o gaseosas cuando son calentadas, la velocidad media de las partículas aumenta, originándose un ligero incremento en la distancia media entre ellas. Este cambio en la velocidad y la separación de las partículas ocasiona un aumento en el volumen y por tanto el material se expande o dilata. Al enfriarse el sistema, nuevamente sufre una disminución del volumen ocupado, ocasionando que el sistema material se contraiga nuevamente. La contracción es posible ya que hay espacios vacíos entre las partículas. DC: Internalizar que en una disolución cuando se disuelve un soluto en un solvente como el agua, las partículas de estos sistemas ocupan los espacios vacíos que existen entre ellas.	○ ¿Qué volumen esperaríamos que haya cuando se disuelven 10g de azúcar en 50 ml de agua? ○ ¿Cómo explica la invisibilidad de una muestra de soluto cuando se disuelve en un líquido? ○ ¿La agitación es una condición dependiente de la disolución? ○ ¿Es una mezcla o una sustancia? ¿Cómo se logra diferenciar macroscópicamente entre mezcla y sustancia pura? De ahí, que la comunidad científica afirma que los modelos descriptivos que plantean los estudiantes para representar los fenómenos en el nivel macroscópico, resultan ser insuficientes para predecir y explicar fenómenos como la densidad y la disolución desde una perspectiva más sistemática y rigurosa. En consecuencia, éstos deben ser sustentados a partir de mecanismos explicativos subyacentes al nivel de representación submicroscópico. OEC: Orientar la implausabilidad de los modelos descriptivos de los estudiantes hacia los siguientes modelos explicativos adscriptos al mundo submicroscópico y al desarrollo de los esquemas conceptuales frente al fenómeno de la disolución: ▪ Direccionando el pensamiento causal-lineal a uno multicausal y bidireccional del pensamiento de los estudiantes.
--	--	--	--

	<i>fenómeno de la disolución, es necesario, incrementar la temperatura y la agitación macroscópica (Blanco and Prieto, 1997).</i>	Desde luego, que este hecho serviría como apalancamiento para la comprensión conceptual de ideas claves como: concentración, solubilidad, tipos de soluciones, unidades de concentración, propiedades de los gases, entre otras. DC: Reconocer que para diferenciar entre los constructos mezcla de sustancia y sustancia pura, se requiere de la conceptualización de éstas en el nivel de representación submicroscópico: ▪ Mezcla: interacción sistémica entre dos o más sustancias (homogénea y heterogénea) y disolución. ▪ Sustancia pura: sistema de partículas que presentan la misma identidad química (elemento y compuesto) ▪ Elemento y/o sustancia simple y compuesto y/o sustancia compuesta (de Vos y Verdonk, 1987a, 1987b;	▪ desarrollando los esquemas de interacción sistémica y conservación de propiedades no observables. El propósito es vincular los demás postulados que constituyen el modelo corpuscular (previamente descritos en la idea de la naturaleza corpuscular) con la idea de espacios vacíos, con el fin, de que éstas puedan interpretar el fenómeno de la disolución en el contexto de sólidos, líquidos y gases. De ahí, que el modelo corpuscular sea concebido por la comunidad científica, como una herramienta que presenta gran potencialidad para explicar los fenómenos físicos. OEC: Modelar el comportamiento y la naturaleza de las partículas de un elemento, sustancia y compuesto para acceder a la conceptualización de estas estructuras. Con ello, se intenta establecer la distinción entre las partículas-átomos y las partículas-moléculas. Asimismo, esclarecer que las sustancias simples pueden existir como elementos o compuestos. OEC: A través de la idea de espacios vacíos y la naturaleza corpuscular, poder diferenciar progresivamente entre: ○ Los conceptos abstractos de compresibilidad, presión y fuerza en el nivel de representación
--	--	--	--

		Gabel, 1993). DC: Establecer relaciones entre los conceptos científicos: mezclas homogéneas y heterogéneas, dado que éstos permitirán comprender la manera como se comportan muchos sistemas en el mundo natural (ej. las rocas y minerales, el agua de mar, el aire, entre otros). Adicionalmente, continuar desarrollando el esquema de conservación de propiedades no observables y de interacción sistémica. DC: Considerar que la densidad es una propiedad de las sustancias que depende de la temperatura a la cual se esté midiendo. DC: Construir argumentos científicos que le permitan reconocer al estudiante que el volumen de las partículas no cambia con la temperatura sino con la energía cinética promedio entre las partículas a nivel submicroscópico. En este sentido, se debe apreciar que a medida que	macroscópico-descriptivo a partir de la visualización detallada del fenómeno de la jeringa. ○ Los conceptos abstractos de sustancia simple y compuesta, junto con, mezcla de sustancias tanto a nivel macroscópico como submicroscópico. ○ Los conceptos de mezcla homogénea y heterogénea a nivel macroscópico y submicroscópico. ○ Los conceptos de elemento y compuesto vs. partículas-átomo y partículas-moléculas a nivel macroscópico y submicroscópico. OEE: Utilizar la idea de vacío, haciendo énfasis en el modelo corpuscular, con la intención de darle sentido a fenómenos como la disolución del azúcar en una taza de café; la insolubilidad de las grasas en solventes inorgánicos; la dilatación de los objetos cotidianos cuando aumenta la temperatura, la compresibilidad de las sustancias en estado gaseoso. Para ello, se diseñan actividades de aprendizaje donde los estudiantes deben de implementar los conceptos y los esquemas de la química para poder resolver las situaciones problemáticas. OEO-C: Implementar los esquemas conceptuales de la conservación de propiedades no observables (conservación del tamaño y cantidad de partículas),
--	--	---	---

		aumenta el calor, la velocidad de las partículas aumenta en promedio, y, la distancia entre las partículas también aumenta en promedio (Krajcik, McNeill et al. 2008; Merritt, 2010). DC: Esclarecer que el nivel de representación simbólico alberga diferentes códigos para representar las partículas según el tipo de fenómeno o proceso que se esté representando. Así, es útil utilizar figuras geométricas y colores cuando se intenta diferenciar las sustancias que intervienen por ejemplo en una disolución o mezcla heterogénea. Desde luego, que para utilizar este sistema lingüístico se debe de aclarar a los estudiantes, que las partículas no tienen forma determinada ni color, sino que estos atributos son un recurso para comunicarse entre los miembros de la comunidad.	y, la interacción sistémica con la intención de explicar algunos aspectos claves del fenómeno de la disolución a nivel macroscópico, a saber: ▪ En las disoluciones se conserva la masa de las sustancias (cantidad de partículas) así como, la identidad de las partículas. ▪ En algunas disoluciones no se conserva el volumen, estableciendo las diferencias en el volumen de las sustancias, antes y después de disolver una mezcla. Este objetivo tiene la finalidad de hacer uso de los esquemas conceptuales para acceder a la comprensión del fenómeno de la disolución. OEE: Utilizar la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química, a lo largo de la explicación de algunos fenómenos naturales.
--	--	---	---

Idea 3: Las interacciones entre las partículas determinan los estados de agregación de la materia y sus propiedades físicas.	Idea 3: Las interacciones entre las partículas determinan los estados de agregación de la materia y sus propiedades físicas. (Gómez Crespo y Pozo, 2001; Pozo y Gómez Crespo, en imprenta; Gómez Crespo, 1993, 1996; Gómez Crespo et al., 1995, 20; Driver et al., 1985; Pozo et al, 1991; Benlloch y Pozo, 1996; Benlloch, 1997)	Idea 3: Las interacciones entre las partículas determinan los estados de agregación de la materia y sus propiedades físicas. (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Sosa, 2005)	Idea 3: Las interacciones entre las partículas determinan los estados de agregación de la materia y sus propiedades físicas.
Con la puesta en escena de esta idea el profesor le brindará la oportunidad para que los estudiantes comprendan conceptualmente y de manera integrada, que el arreglo submicroscópico de las partículas determinan las propiedades macroscópicas de las sustancias. Por ejemplo, este aspecto influye en propiedades tales como: estados de agregación de la materia; densidad, solubilidad, tensión superficial, compresibilidad, difusión, entre otras.	CE: <i>Los estudiantes interpretan cada uno de los estados físicos de la materia a partir de diferentes representaciones. Perspectiva que es contraria a la de la ciencia, la cual le brinda sentido a los estados de agregación de la materia a partir de un único modelo teórico.</i> CC: <i>Los estudiantes representan las partículas en el estado sólido mostrando éstas en un contacto estrecho, situación que refuerza las ideas intuitivas de la no existencia del espacio vacío y, la naturaleza continúa de la materia. Quizás, esta concepción alternativa se ha producido desde una fuente como las imágenes de las</i>	DC-O: Concebir la materia como un sistema constituido por partículas en constante interacción sistémica (Pozo y Gómez Crespo, 1998). DC: Comprender que la apariencia macroscópica de la materia depende del arreglo submicroscópico de las partículas. Adicionalmente, este arreglo determina los estados de agregación de la materia y sus propiedades físicas. DC: Interpretar que las propiedades físicas de un sistema son el resultado del comportamiento de sus partículas a nivel submicroscópico (Sosa, 2005)	OEC: Motivar a los estudiantes para que exploren y sean conscientes de las concepciones alternativas que aún sostienen sobre los estados de agregación de la materia y su apariencia en el mundo perceptible. Desde luego este tópico permitirá el apalancamiento de los cambios de fase (fusión, evaporación, solidificación, condensación y sublimación). OEE-C: Brindar oportunidades para fortalecer la comprensión conceptual de los estudiantes proveniente de una concepción de realismo ingenuo y de sentido común, basadas en un modelo submicroscópico aún continuo y compacto de la estructura de la materia, a cerca de las siguientes ideas previamente estudiadas: ▪ Los cambios de estado se caracterizan por la conservación de la identidad de los átomos y las moléculas (cambio físico). ▪ Los cambios químicos son procesos donde no se conserva la identidad de las moléculas, pero se mantiene la de los átomos. ▪ La idea de la conservación de la cantidad de

Ahora bien, cuando las partículas de un sistema interaccionan entre sí, o con las de otro sistema, se genera un fortalecimiento y/o debilitamiento de fuerzas intermoleculares e intramoleculares, cuyo efecto se traduciría en un cambio físico o químico. Adicionalmente, el tratamiento de esta gran idea le permitirá al estudiante continuar desarrollando esquemas conceptuales de la química como: interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico. De hecho, él deberá internalizar la noción que cuando las partículas de un sistema material interaccionan entre sí, o con las partículas de otra entidad material, este	<i>redes cristalinas de la materia que traen los textos escolares.</i> CO-C: <i>A los estudiantes, durante los cambios de estado se les dificulta correlacionar la variable del movimiento intrínseco de las partículas dentro de un sistema con variables, tales como: la temperatura, la densidad, y la distribución de las partículas que alteraría el estado aparente de la materia.</i> CC: <i>Los aprendices consideran que las partículas de las sustancias en el estado sólido tienen mayor peso, comparadas cuando éstas componen una sustancia en estado líquido o gaseoso. Vale la pena destacar, que para ellos las partículas de una sustancia en fase gaseosa no tienen peso, adicionalmente, las representan más grandes.</i> CC: <i>Los estudiantes asumen la conservación de la masa y de la identidad de la sustancia como problemas independientes. Situación que restringe la conceptualización de ideas como cambio físico y</i>	DO: conceptualizar la noción submicroscópica de que las partículas de una sustancia conforman un sistema (ej., elementos, compuestos, mezclas homogéneas y heterogéneas). DO: Comprender que a pesar de que las sustancias cambian de apariencia, las partículas aún conservan su identidad. Este aspecto es una evidencia del desarrollo del núcleo conceptual de la conservación de propiedades no observables, el cual se logra a través de relaciones conceptuales. DOC: Destacar que las partículas pueden interactuar entre sí, aunque hayan diferentes tipos de ellas formando uno o más sistemas. DC: Construir la idea de que en el estado sólido las partículas vibran en una posición fija manteniéndose separadas por espacios entre ellas. Es decir, que estas no chocan ni se tocan entre sí. Con ello, se trata de superar la	materia. ▪ La materia está formada por partículas indivisibles e invisibles llamadas átomos; ▪ La idea de vacío entre partícula y partícula. El propósito deliberado de la serie de tareas de aprendizaje que recogen las anteriores ideas, es el de asistir a los estudiantes en la evolución progresiva de sus concepciones alternativas o lenguaje social cotidiano acerca de las ideas en cuestión. Adicionalmente, se pretende que éstas evolucionen hacia un modelo explicativo más potente y sofisticado: el modelo de partículas. Desde luego, dichas ideas servirán para los estudiantes continúen con el desarrollo de esquemas conceptuales como la interacción sistémica, la conservación de propiedades no observables y el equilibrio térmico. OEE-C: Asistir los estudiantes a lo largo de las actividades de aprendizaje que le brinden la posibilidad de construir modelos descriptivos y conceptualizaciones de propiedades, tales como: presión, temperatura y calor; ya que, éstas se encuentran estrechamente asociadas con los cambios de fase de la materia. OEE-C: Introducir el modelo corpuscular de la materia por medio de actividades de aprendizaje, tanto de orden experimental como teórico, haciendo énfasis en los siguientes principios:
---	--	--	--

proceso restringido producirá la transferencia de energía del sistema de mayor temperatura al de menor temperatura, hasta que se alcance el equilibrio térmico. Dicho fenómeno, serviría de fundamento epistemológico para que los estudiantes comiencen a desarrollar de manera progresiva la conceptualización de ideas como: calor, cambio físico, temperatura, punto de fusión, ebullición, solidificación, curvas de calentamiento y diagramas de fases. Por tanto, los anteriores presupuestos le han permitido a la comunidad científica afirmar que: ▪ En el estado sólido las partículas de las sustancias están muy	<i>químico.</i> CC: <i>Los aprendices sostienen que las sustancias en estado sólido tienen un mayor número de partículas que los líquidos y, estos últimos tienen más partículas que los gases. Este hecho, quizás obstaculiza el desarrollo de la conservación de la materia a nivel macroscópico y submicroscópico.</i> CC: <i>El tamaño (dimensiones) de las partículas de los sólidos es más grande que las partículas de los líquidos y las partículas de los líquidos, son más grandes que las de los gases.</i> CC: <i>A los estudiantes se les dificulta comprender en el nivel de representación submicroscópico las partículas son atraídas por fuerzas de interacción intermoleculares e intramoleculares. De ahí, que no puedan diferenciar entre un</i>	concepción de continuidad de la materia con la vienen los estudiantes al aula de química. DO-C: Reconocer que cuando una sustancia en estado sólido, líquido o gaseoso es calentada, es decir, que se le transfiere energía cinética media al sistema, este aumento ocasiona un incremento en el grado de agitación de las partículas que a su vez incrementan la velocidad y la distancia media entre ellas a causa de la disminución de las fuerzas intermoleculares. En consecuencia, se incrementa el volumen, es decir, que las partículas promedio como un sistema ocupan más espacio. Este fenómeno se le conoce como dilatación, proceso macroscópico que puede ser más o menos perceptible dependiendo de las características de las partículas que conforman el sistema. Ahora bien, si este sistema transfiere energía a otro, alcanzaría un	▪ Entre partícula y partícula solo existen espacios vacíos. De hecho, esta idea es considerada como un instrumento potencial que contribuye a la comprensión conceptual de otros fenómenos naturales, tales como: las propiedades de la materia, el cambio físico y químico⁶⁶. ▪ Las partículas tienen masa a pesar de su tamaño submicroscópico. OEC: Orientar actividades de aprendizaje donde los estudiantes adquieran las nociones de fuerzas intermoleculares e intramoleculares, como alguno de los factores que determinan propiedades como: fluidez; viscosidad; dilatación; compresibilidad; cambios de fase; tensión superficial, densidad, entre otras. OEC: Direccionar laboratorios o demostraciones donde los estudiantes comienzan a identificar y diferenciar un cambio físico de uno químico, a causa del desarrollo del esquema conceptual de la conservación de propiedades no observables. Para ello, el profesor diseña actividades que le sirven a los estudiantes para establecer relaciones conceptuales y de esta manera poder comprender la conservación o no de la identidad de la sustancia.
---	---	--	---

⁶⁶ La explicación del cambio químico se abordará a través de la gran idea de “Las partículas de una sustancia al interaccionar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies de partículas que conforman una nueva sustancia (p.155)

próximas, a causa de que las fuerzas intermoleculares son elevadas. Naturalmente, que este hecho restringe el movimiento de translación y rotación de las partículas, permitiéndole únicamente movimiento de vibración en su posición de equilibrio. ▪ En los líquidos, aunque las partículas de las sustancias están a distancias aproximadamente equivalentes a las de los sólidos, las fuerzas que las mantienen unidas son más débiles, situación que les permite poderse desplazar unas con respecto a las otras. Es decir, éstas no presentan una posición fija, pudiendo colisionar y deslizarse una sobre la	<i>cambio físico y un cambio químico.</i> CO: Los estudiantes interpretan las fuerzas de interacción entre partículas como propiedades materiales y no, como procesos de interacción restringida. CO-C: Para la gran mayoría de las personas, la energía es concebida como una entidad material que se gasta y se transporta (sustancialización o materialización de los modelos teóricos). Mientras que para la comunidad científica es considerado un concepto abstracto que permite explicar los cambios de la materia y definir sus estados de equilibrio (punto de fusión, evaporación). CO-C: Muchos de los estudiantes conciben el calor como una entidad material “una especie de combustible que se empaqueta y transporta de un lugar a otro” y no como un proceso de transferencia o intercambio de energía (Chi et al., 1994), que se produce por la interacción sistémica entre	estado de contracción. DC: Conceptualizar la presión como la fuerza que se hace sobre un área cuando dos o más sistemas están en interacción. Con el propósito de comenzar a tomar en cuenta esta propiedad como un factor que en conjunción con la temperatura determina el estado de agregación de una sustancia bajo consideración. DE: Predecir y explicar que la interacción constante entre las partículas de un sistema, generan fuerzas de atracción inter e intramoleculares, quienes a su vez determinan el arreglo submicroscópico de las partículas. En consecuencia, éstas condicionan la apariencia y las propiedades macroscópicas de las sustancias. DC: Apreciar que los estados de agregación no condicionan la forma, el número ni el tamaño de las partículas. Por tanto, se conserva la naturaleza de las mismas.	OEC: Apoyar a los estudiantes durante las discusiones en pequeños grupos y estructura interactiva, con el fin de que ellos logren comprender que la interacción sistémica entre partículas produce un transferencia de energía del sistema de mayor temperatura al de menor, hasta que se alcance un equilibrio térmico. De hecho, dicho fenómeno es el factor determinante en la organización de los átomos y moléculas a nivel submicroscópico, permitiéndole a las sustancias adquirir determinada apariencia (solida, liquida y gaseosa). Desde luego, esta generalización les permitiría comprender que la apariencia que tienen las sustancias en los tres estados, es una consecuencia del arreglo submicroscópico de las partículas. Además, esta tarea de enseñanza le brinda al estudiante continuar extendiendo el desarrollo del esquema de la conservación de propiedades no observables, aspecto importante durante la conceptualización de los tópicos de cambio físico y químico. OEC: Ayudar a los estudiantes a conceptualizar que los cambios físicos de la materia son influenciados por las interacciones entre las partículas de uno o varios sistemas. Naturalmente, en estos procesos, a pesar del cambio de apariencia macroscópica se conserva la identidad, tamaño y el número de partículas. OEC: Asesorar a los estudiantes a lo largo de las discusiones dialógicas con el ánimo de que éstos interpreten y diferencien los cambios físicos de los
--	---	---	--

otra. ▪ En los gases, las partículas de las sustancias están tan alejadas unas de las otras, que se desprecia las fuerzas intermoleculares. De ahí que, en este estado de agregación, las partículas se desplazan de manera aleatoria colisionando entre ellas y con las paredes del recipiente que las contiene. ▪ Las velocidades de las partículas que conforman un sistema material no son necesariamente iguales, a causa, de los infinitos choques e interacciones que ellas sufren. En consecuencia, cada partícula posee su velocidad y energía	<i>las partículas de un mismo sistema o de sistemas diferentes, hasta alcanzar un equilibrio térmico entre éstos.</i> CC: <i>Para la gran mayoría de estudiantes temperatura y calor son conceptualizados e interpretados por los estudiantes, como constructos similares. En consecuencia, se asumen éstos como si se tratara de las mismas propiedades que posee el sistema. Por tanto, desde una concepción de realismo ingenuo, nada más natural que asociar el calor a los cambios de temperatura. Así, ellos interpretan éste como un aumento de temperatura.</i> CC: <i>Los estudiantes establecen escasa referencia a las fuerzas de cohesión y repulsión entre las partículas. Especialmente, en el estado sólido. Sin embargo, cuando consideran que hay un agente externo que es el causante de este evento, como es el caso de la temperatura, si las tienen</i>	DE: Explicar los cambios de estado o fase a partir del uso de una única representación⁶⁵: “el modelo corpuscular de la materia”. DO-C: Explicar los cambio de estado de la materia o proceso físico a través de los mecanismos explicativo que están fundados en la interacción sistémica. DC: Comprender que los cambios de fase que se producen a nivel macroscópico, modifican la apariencia de las sustancias, como consecuencia del debilitamiento de las fuerzas intermoleculares y el aumento de tamaño de los espacios. DC: Apreciar que los átomos y moléculas no pueden ser creados ni destruidos, solo se reorganizan a lo largo de un cambio físico o químico. Por tal motivo, en los procesos físicos se conserva la identidad de los átomos y	químicos, utilizando para ello, el esquema conceptual de la conservación de propiedades no observables. En consecuencia, se pretende que la interpretación atomista permita esclarecer las diferencias y semejanzas entre estos dos términos. OEC: Orientar a los aprendices en el proceso del modelado de los cambio de fase de las sustancias, a través del uso de textos de formato discontinuo (iconográficos). OEC: Apoyar a los estudiantes durante las tareas experimentales con el fin de que ellos generen modelos explicativos de carácter formal (uso del modelo corpuscular de la materia), para interpretar otros aspectos claves: ▪ El punto de fusión y ebullición, a partir de, los esquemas conceptuales de equilibrio, interacción sistémica y conservación. ▪ propiedades macroscópicas: presión, densidad, masa, volumen y temperatura en el contexto de sólidos, líquidos y gases. ▪ Los cambios de energía se asocian con cambios en la disposición de las partículas.
---	--	--	---

⁶⁵ Los estudiantes le dan un tratamiento conceptual diferente a los tres estados de la materia en cuanto a la idea de discontinuidad de la materia, movimiento intrínseco, mecanismo explicativo, discontinuidad y vacío.

cinética, aunque ésta no pueda ser medida o cuantificada por métodos directos. Desde luego, lo que sí se puede medir y cuantificar es la energía cinética promedio del sistema en estudio. Por tanto, Maxwell consideran la existencia de dos tipos de propiedades: las individuales de las partículas que no se pueden medir de forma directa; y las del sistema, las cuales pertenecen al mundo de lo observable, es decir al nivel de representación macroscópico o fenomenológico (i.e., la temperatura, presión, volumen, peso, densidad).	en cuenta. CO-C: <i>Los estudiantes en sus primeros años de escolaridad se les dificultan asumir al aire como un sistema material, sin embargo, en años posteriores lo categorizan como un objeto material pero tienen restricciones para explicar el comportamiento de éste como un sistema en interacción, ya que, no lo han adscripto a una categoría de procesos de interacción.</i> CE-C: <i>Los estudiantes presentan un modelo ingenuo de los gases, veamos algunas concepciones que demuestran esta declaración:</i> ▪ <i>El aire es aproximadamente del tamaño de las partículas de polvo en el aire.</i> ▪ <i>Los gases en general, ante cambios físicos o químicos aparecen o desaparecen.</i> ▪ <i>Para la gran mayoría de los estudiantes las partículas de aire flotan, ya que para ellos las partículas en estado gaseoso no poseen peso.</i>	moléculas, sin embargo, en los químicos varía la identidad de las moléculas conservándose la de los átomos. La anterior situación se traduce a nivel macroscópico en la conservación de la materia. DO: Interpretar el principio de conservación de la energía como un proceso de interacción sistémica. DC-O: Comprender que cuando ocurren cambios o transformaciones físicas entre una o más sustancias, cada una de ellas, conserva tanto su masa como su identidad. Es decir, la cantidad, número y tamaño de sus partículas. DC: Considerar que la densidad de una sustancia es una propiedad macroscópica que depende de variables como la temperatura y la presión. DC: Apreciar que si se quiere conseguir un cambio de un estado a otro, es necesario tener en	OEC: Asistir a los aprendices en el proceso de diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química. De hecho, esta tarea de enseñanza es transversal al desarrollo conceptual de cada uno de los tópicos del currículum de la química, dado que, los tres niveles de representación constituyen el lenguaje de dicha disciplina. OEC: Apoyar el desarrollo del esquema conceptual de la interacción entre las partículas, lo cual le permitirá comprender por qué la temperatura y la presión son factores que influyen en la densidad de las sustancias y además, contribuyen a darle sentido al concepto de fuerzas intermoleculares. OEC: Monitorear la evolución conceptual de las ideas y esquemas introducidos en la fase anterior, a través de las respuestas dadas de manera colegiada por los estudiantes a interrogantes como: ¿por qué las losas de los puentes en concreto deben de tener un grado de dilatación? ¿Cuáles son los factores que están ocasionando la fusión de los polos? ¿A qué se debe que el mercurio de un termómetro asciende por un capilar? ¿Cómo se fabrican las varillas de acero? ¿Por qué se evaporan los líquidos? ¿Por qué un insecto no se hunde cuando se posa sobre la superficie de un líquido? ¿Por qué los gases tienen masa? ¿Cómo se explica la fluidez de los gases?
--	---	---	--

	▪ <i>.El aire no tiene masa, su peso es negativo. En consecuencia, el helio y demás sustancias gaseosas tienen un peso negativo.</i> ▪ <i>El aire no se ve afectado por la gravedad.</i>	cuenta, además de la naturaleza de la sustancia, el aumento o disminución de la presión o de la temperatura, para poder variar la energía cinética de las partículas.	
--	---	--	--

Idea 4. Movimiento intrínseco de las partículas: Las partículas que constituyen la materia, presentan movimientos continuos e intrínsecos (Holding, 1987; Johnston and Driver 1991; Lee et al., 1993)	Idea 4. Movimiento intrínseco de las partículas: Las partículas que constituyen la materia, presentan movimientos continuos e intrínsecos (Holding, 1987; Johnston and Driver 1991; Lee et al., 1993)	Idea 4. Movimiento intrínseco de las partículas: Las partículas que constituyen la materia, presentan movimientos continuos e intrínsecos (Holding, 1987; Johnston and Driver 1991; Lee et al., 1993; Pozo y Gómez Crespo, (1998)	Idea 4. Movimiento intrínseco de las partículas: Las partículas que constituyen la materia, presentan movimientos continuos e intrínsecos (Holding, 1987; Johnston and Driver 1991; Lee et al., 1993)
La idea de movimiento intrínseco de las partículas debe ser explicada en términos de los cambios causados por agentes externos como la temperatura y la densidad y a nivel submicroscópico a partir de la distribución de las partículas, espacios intermoleculares y la energía. En este sentido, el fenómeno de la disolución tendría que ser interpretado dentro de un sistema de interrelaciones entre dichas variables. Así pues, los cambios aparentes de la materia a causa de las relaciones que experimentan las	CC: <i>Los estudiantes construyen representaciones descriptivas de fenómenos macroscópicos como la dilatación y la difusión, evidenciándose, que ellos no establecen relación entre la apariencia macroscópica y, la estructura submicroscópica de la materia.</i> CC: <i>Los estudiantes generalmente construyen explicaciones recurriendo a agentes externos encontrados en el mundo macroscópico (i.e. Las partículas de aire se mueven si hay viento).</i> Es decir, que el aire es catalogado como un vehículo o agente causal (lineal y unidireccional) del movimiento. CE-C: <i>Muy pocos estudiantes movilizan las explicaciones científicas o modelos teóricos para darle sentido a los cambios de fase que sufren las sustancias.</i>	DC: Ser capaz de visualizar algunos fenómenos que involucran la difusión de líquidos y gases y, la dilatación de sólidos, con el fin de que los estudiantes transiten de manera progresiva desde una conceptualización en donde las partículas carecen de movimiento continuo e intrínseco, a una en la cual, éstas presentan movimiento intrínseco a razón de la cantidad de energía cinética que poseen. Con esta demanda se pretende superar tanto la concepción de movimiento aparente como el establecimiento de relaciones causales lineales y unidireccionales (las partículas solo pueden salir de su estado natural de reposo a menos que haya una variable o agente externo que provoque el cambio. DC: Comprender macroscópicamente que los sólidos no se difunden sino que se dilatan, mientras, que los líquidos y gases	OEE-C: Trabajar explícitamente sobre las concepciones alternativas que manifiestan aún, una concepción contraintuitiva de realismo ingenuo y de sentido común, basada en un modelo continuo y estático de la estructura de la materia a cerca de las propiedades de fluidez, difusión y dilatación en el contexto de los estados de agregación de las partículas. OEC: Trabajar sobre las ideas: ▪ Plantear macroscópicamente, representaciones descriptivas de propiedades físicas tales como: la fluidez, difusión y la dilatación en el contexto de sólidos, líquidos y gases. A

partículas son explicados en términos de los mecanismos internos que subyacen a éste. Es decir, que los cambios en el movimiento y en la manera de asociarse u organizarse las partículas deben ser interpretados en términos de las interacciones que ocurren a nivel submicroscópico. Los cambios físicos tales como, los cambios de fase (solidificación, fusión, evaporación y sublimación) deben ser explicados a través de la formación y rompimiento de enlaces entre las partículas de la misma clase. En consecuencia, en los cambios de fase solo se reordenan las partículas entre un sistema o más.	CO y CC: <i>Los cambios de estado son asumidos como propiedades estáticas de los cuerpos y no como procesos de interacción entre diversas variables como la temperatura, la densidad y la presión. Mientras que a nivel microscópico, éstos son explicados a razón de la energía cinética media entre las partículas y las interacciones que generan las fuerzas intermoleculares quienes a su vez, determinar el arreglo o la distribución entre ellas.</i> CC: <i>Algunos estudiantes afirman que las sustancias solidas no cambian de estado de agregación. Es decir, que sostienen una visión de sentido común, continua y estática poco fundamentada por el lenguaje social científico relacionada con los procesos de cambio físico de la materia.</i> CO: <i>A los estudiantes les es más fácil, explicar lo que cambia en un sistema y, no lo que permanece tras el cambio. Es decir, que ellos tienden a explicar los cambios, no los estados.</i>	sí lo hacen. DC: Desarrollarla idea de que la "cantidad" de material se conserva cuando las sustancias cambian de estado de agregación. DC: Explicar los procesos de cambio físico en términos de: la disposición, distancias y espacios vacíos entre las partículas. DO-C: Interpretar macroscópicamente que el calor no es una forma de energía, sino, un proceso de transferencia de la energía cinética media de las partículas de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. De ahí, que este constructo se encuentre asociado al movimiento de las partículas. DO-C: Conceptualizar que la temperatura de un sistema es una medida de la energía promedio de las partículas que hacen parte del sistema. Por tanto, la temperatura es una manifestación macroscópica, del grado de agitación de las partículas que lo componen. Así, cuando las partículas de un	través de estas explicaciones se logran introducir las ideas de: movimiento intrínseco, interacción entre las partículas, vacío. ▪ Reforzar el conocimiento de los estudiantes a cerca de algunas propiedades físicas en el contexto de sólidos, líquidos y gases: ▪ La materia es un complejo sistema de partículas en continuo movimiento e interacción, cuya causa se atribuyen a los espacios vacíos entre las partículas. OEE-C: Ampliar la explicación científica introduciendo el concepto de enlace⁶⁷ en un nivel de desarrollo cualitativo⁶⁸. Este objetivo pretende continuar desarrollando el modelo corpuscular.
---	---	--	--

⁶⁷ En esta idea se aborda la conceptualización de enlace químico en un nivel de complejidad simple, teniendo en cuenta, el desarrollo cognitivo de los estudiantes.

⁶⁸ En el diseño de la primera SEA sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia, solo nos remitiremos a conceptualizar progresivamente el enlace como un tipo de fuerza de atracción que mantiene unidas las partículas ya que el estudio de los enlaces sería abordado en el desarrollo de una SEA posterior a ésta.

Naturalmente, para la comprensión conceptual de este proceso de cambio se debe hacer uso de las siguientes ideas: movimiento continuo e intrínseco de las partículas, interacción sistémica, fuerzas inter e intramoleculares, enlace químico.	CC: <i>La materia no siempre se conserva, especialmente, en cambios que involucran a gases (i.e. el agua desaparece cuando se le calienta).</i> CO-C: <i>los estudiantes cuando se los enfrentaban a problemas que hacen referencia a los cambios de estado, le asignan propiedades del mundo perceptible a las partículas, por ejemplo, cuando las sustancias son calentadas o enfriadas, muchos estudiantes creen que las partículas se dilatan o contraen al igual que la sustancia a nivel macroscópico de la que hace parte.</i> CO: <i>Los estudiantes afirman que las partículas se derriten; se hinchan; y, aumentan de tamaño y de volumen cuando ocurre un aumento de temperatura”</i> CE: <i>A los estudiantes les resulta difícil visualizar que las partículas se mueven. (Novick y Nussbaum1978; Lee, Eichingeret al1993; Johnson1998).</i> CO-C: <i>A los estudiantes les cuesta dificultad correlacionar durante los cambios de estado, la variable del movimiento intrínseco de las partículas</i>	sistema adquieren mayor energía cinética estas se mueven más rápido. DC: Los estudiantes deben indicar que el volumen de las partículas individuales no cambia con el aumento de temperatura (concepción alternativa de naturaleza ontológica). Más bien, “a medida que aumenta el calor, la velocidad media de las partículas aumenta y la distancia entre las partículas también aumenta en promedio, situación que produce un aumento del volumen a nivel perceptible. DC: Reconocer que las partículas en las sustancias fluidas como los líquidos y los gases pueden moverse, colisionar y deslizarse unas sobre las otras, mientras que en el estado sólido estas se encuentran en una posición fija. De ahí, que se pueda reconocer que las partículas en el estado sólido presentan fuerzas de atracción o enlaces que hacen que éstas se mantengan unidas y por tanto, sea imposible, por ejemplo, atravesar la mano a través de ellas como ocurre en los líquidos y gases. DC: Explicar la difusión de las sustancias en términos del movimiento continuo e intrínseco de las partículas y de los enlaces	OEE: Utilizar el modelo corpuscular para explicar el movimiento intrínseco entre las partículas en el contexto de los estados de agregación de la materia permitiendo comprender que éste varía en función de su interacción con otras partículas. OEC: Apoyar a los estudiantes para que puedan distinguir los tipos de movimiento intrínseco de las partículas en el nivel de representación submicroscópico: movimientos de vibración en sólidos, rotación y traslación en líquidos y gases. Estas clases de movimiento se generan a causa de la interacción entre las partículas, espacios y distancias intermoleculares. OEC: Utilizar la idea de movimiento intrínseco de las partículas para explicar propiedades físicas tales como la fluidez, difusión y la dilatación en el contexto de los estados de agregación de la materia.
---	---	--	---

	<i>dentro de un sistema en interacción con variables, tales como: la temperatura, la densidad, y, la distribución de las partículas y que en consecuencia, éstas alteran el estado aparente de la materia.</i> CC: <i>Los estudiantes explican que las partículas en el estado sólido no pueden moverse debido a que éstas se encuentran muy apretadas entre sí.</i> CC: <i>“Los estudiantes presentan en su gran mayoría un modelo estático de la materia en el que consideran que las partículas están en ocasiones quietas, especialmente en el estado sólido. No obstante, en el contexto de los líquidos y gases asumen un modelo menos estático”.</i> CC: <i>Algunos estudiantes presentan confusión con el tipo de movimientos que presentan las partículas en los estados de agregación de la materia. Por ej. En el estado sólido, las partículas se trasladan, mientras que para los líquidos y gases el movimiento es de tipo vibratorio.</i> CO-C: <i>Los estudiantes les cuesta gran dificultad diferenciar entre el movimiento de las partículas en el nivel de</i>	entre las partículas. Así pues, las partículas de los gases ocupan el espacio que haya disponible a causa de la poca fuerza de atracción existente entre las partículas. En este sentido, la fluidez que los caracteriza les permite llenar el espacio disponible. En cambio, los líquidos presentan mayores fuerzas de atracción entre sus partículas que los gases. Finalmente, los sólidos mantienen una forma fija debido a la rigidez de las uniones y a las fuerzas de atracción entre sus partículas). DC: Conceptualizar el movimiento vibratorio (sólidos), rotacional y traslacional (líquidos y gases) de las partículas en el nivel de representación submicroscópico. DO-C: Comprender que el calor es un agente intrínseco que determina la velocidad del movimiento de las partículas a nivel submicroscópico. De ahí, que este evento condicione los cambios de fase de las sustancias en el mundo macroscópico. DC: Describir el fenómeno de la viscosidad a nivel macroscópico y submicroscópico. DC: Interpretar que la propiedad de la	OEC: Correlacionar la idea del movimiento intrínseco de las partículas con variables macroscópicas, tales como: la temperatura, la densidad y la presión ya que estas condicionan la velocidad y la cantidad de movimiento intrínseco de las partículas ya que aumentan o disminuyen el flujo e intercambio de energía cinética media entre las partículas de un mismo sistema o entre otros sistemas. OEC: Apoyar a los estudiantes a reconocer que: ▪ la velocidad del movimiento continuo e intrínseco de las partículas es condicionado por agentes causales, tales como, la temperatura, presión, densidad y la energía cinética media de las partículas. ▪ El fenómeno de la agitación es un factor independiente del fenómeno de la
--	--	---	---

	<i>representación microscópico y el movimiento aparente del material o sustancia de que está constituido en el nivel macroscópico. Por ej. Les es más difícil diferenciar éstos en el estado sólido y líquido que en los gases, por su relación con la apariencia perceptible en el mundo macroscópico en la que establecen relaciones de tipo causal lineal y unidireccional. Es decir, que los cambios que experimentan las partículas coinciden con los cambios macroscópicos; los cuales, son causados por un agente externo y si hay interacción entre ellas, una partícula provoca el cambio de la otra</i> CO-C: Los estudiantes declaran que la fuerza sería el agente causal de todo movimiento y en consecuencia, la sustancializan. Así pues, consideran que la fuerza se acaba o se agota cuando un objeto queda en reposo. Es decir, los estudiantes a partir de sus concepciones alternativas utilizan una regla heurística denominada semejanza entre causa y efecto. C.C: Los estudiantes consideran que un gas confinado en un recipiente hermético, al ser calentado éste se vuelve menos	viscosidad es el resultado del arreglo de las partículas a nivel submicroscópico. DC: Comprender los mecanismos explicativos subyacentes a los cambios de fase a saber: fusión, evaporación, condensación y sublimación. DC: Comprender que las sustancias puras cambian de fase (fusión, evaporación, sublimación, etc.) solo cuando alcanzan la temperatura de punto de fusión o ebullición, por ej. La parafina es un líquido por encima de los 64°C de temperatura (punto de fusión), y nuevamente se solidifica, tan pronto como la temperatura desciende por debajo de su (punto de fusión). DC: Desarrollar el concepto de punto de fusión y punto de ebullición en el contexto de los cambios de fase de la materia. DC: Apreciar que las sustancias pueden cambiar de fase de manera reversible. Es decir, que después de haber alcanzado la evaporación, esta puede nuevamente liberar y transferir energía a otros sistemas para convertirse en líquido (condensación).	disolución. En consecuencia, la agitación es un factor que afecta la velocidad de disolución de una sustancia. Es decir que, a nivel submicroscópico se aumenta el movimiento de las partículas ocasionando un aumento en la velocidad de distribución y reordenamiento de las partículas entre soluto y solvente. OEC: Apoyar el uso de representaciones descriptivas del fenómeno de la viscosidad. OEC: Usar modelos analógicos e iconográficos que permitan representar los tipos de movimiento que presentan las partículas a nivel submicroscópico en el contexto de cambio físico.
--	--	---	--

	pesado, entonces ascenderá concentrándose en la parte superior del recipiente.		
--	--	--	--

Idea 5. Las partículas de una sustancia al interactuar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies más complejas.	Idea 5. Las partículas de una sustancia al interactuar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies más complejas. (Stavridou y Solomonidou, 1989, 1998; Johnson, 2000 ^a , 2000b; Domínguez, Furió y Guisasola, 2007; Furió-Mas y Domínguez-Salas, 2007b; Gonzales et al, 1989; Furio y Hernández, 1983; Furió, Hernández y Harris 1987; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Yaroch, 1985; Stavy, 1990; Driver, 1999).	Idea 5. Las partículas de una sustancia al interactuar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies más complejas.	Idea 5. Las partículas de una sustancia al interactuar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies más complejas.
Los procesos de cambio químico a diferencia de los cambios físicos, deben ser explicados, a partir de la siguiente idea científica: “las interacciones entre las partículas generan fuerzas de atracción y repulsión que conllevan a la formación y rompimiento de los enlaces entre las partículas de distintos tipos”. Debido a esto,	CE: Los modelos representacionales de los estudiantes están signados por el mundo perceptivo y por tal razón, se les dificulta reconocer lo que ocurre en los procesos de cambio físico y químico; ya que, se carece de criterios macroscópicos, empíricos y procedimentales para su diferenciación. Es decir, que cualquier cambio que se produzca como consecuencia de las diferentes combinaciones o relaciones que tienen lugar entre las partículas (cuando la estructura molecular de la sustancia no cambia o como consecuencia de la reorganización o reestructuración molecular de nuevas sustancias o materiales) desde el nivel de representación macroscópico, resulta ser poco evidenciable. En efecto, estos cambios	DC: comprender que los compuestos se forman a partir del debilitamiento y fortalecimiento simultáneo de las fuerzas interatómicas. Es decir, que se forman o se rompen enlaces químicos. DC: Apreciar que las partículas más elementales son los átomos y las moléculas-de los cuales, se conoce que hay una variedad de tipos que constituyen toda la materia.	OEC: Brindar oportunidades a los estudiantes para hacer frente a las concepciones alternativas que se puedan generar con el uso de las ideas de: disposición de las partículas, espacios vacíos, interacción sistémica y el movimiento intrínseco de las partículas en los procesos de cambio físico. OEE-C: Reforzar la comprensión conceptual de las ideas científicas: Las interacciones entre las partículas determinan los estados de agregación de la materia y sus propiedades físicas y, el movimiento intrínseco de las partículas, ya que, su comprensión debió haberles permitido identificar y diferenciar los procesos de cambio físico. Como lo ha señalado la investigación sobre el aprendizaje de la química, muchos de los cambios

se forman nuevas sustancias. De otro lado, esta idea se correlaciona con el principio de la conservación de propiedades no observables de la materia (identidad y número de partículas). Es decir, que al generarse una combinación química se mantiene la identidad de las partículas pero no se conserva la identidad de las moléculas. Asimismo, se conserva el número de partículas de un sistema material. La anterior situación resulta ser contraria a lo que ocurre en los procesos de cambio físico. Adicionalmente, el	<i>solo pueden ser explicados en los niveles de representación submicroscópico y simbólico.</i> CC: <i>Un gran número de estudiantes concibe que las sustancias son fragmentos de materia que se unen. Asimismo, consideran que las moléculas son aditivas, es decir, se suman unas a otras para formar entidades más grandes.</i> CC: <i>Los estudiantes conceptualizan macroscópicamente los compuestos como constituidos por pequeños trozos de materia pegados.</i> CC: <i>La mayoría de los estudiantes identifican los elementos como sustancias simples (Laborde,).</i> CC: <i>Los estudiantes no son capaces de diferenciar macroscópicamente, entre mezcla y sustancia, ya que, estos conceptos se utilizan indiscriminadamente a partir de una visión espontánea y cotidiana de la estructura de la materia.</i> CE-C: <i>Los estudiantes tienen dificultades a la hora de emplear el modelo corpuscular para explicar los procesos de cambio químico. De ahí, que:</i>	DO-C: Conceptualizar la idea de que la interacción de las partículas en un mismo sistema o en sistemas diferentes puede generar una combinación química entre ellas, lo cual hace, que no se conserve la identidad de las moléculas pero si la de los átomos. DC: Comprender que en un proceso de cambio químico se mueven y reorganizan los átomos de las sustancias reaccionantes y en consecuencia, se forman nuevas sustancias o productos. Es decir, que en un proceso de cambio químico, lo que cambia son las sustancias (la identidad de las moléculas) mientras, que los elementos que la constituyen permanecen intactos.	físicos en el nivel de representación macroscópico no son perceptibles por nuestros sentidos y por tanto se requiere de su interpretación en el nivel de representación submicroscópico. Este objetivo cumplirá la función de seguir apoyando la comprensión conceptual de esta gran idea en los cambios de estado: fusión, evaporación, solidificación, sublimación. De hecho, estas son ideas prerequisite para el aprendizaje del fenómeno de cambio químico. OEC: Explorar el conocimiento cotidiano que sostienen los estudiantes sobre la explicación científica: las partículas de una sustancia al interaccionar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies. Se intenta que los estudiantes puedan recrear y enriquecer sus concepciones alternativas de acuerdo a su madurez cognitiva. OEC: Introducir la idea científica: las partículas de una sustancia al interaccionar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies. Con esta idea se estarán potencializando los esquemas conceptuales de conservación del número de partículas, de la identidad de la sustancia, equilibrio térmico y proporcionalidad. Éstos a su vez, le permitirán a los estudiantes
---	---	---	---

tratamiento de esta idea permite continuar avanzado en el uso de los esquemas conceptuales de interacción de sistemas y conservación, estructuras fundamentales para que los estudiantes alcancen un pensamiento formal.	▪ <i>La gran mayoría, no son capaces de usar el modelo corpuscular para explicar la diferencia entre sustancia-mezcla y elemento- compuesto.</i> ▪ <i>Los estudiantes no cuentan con una noción submicroscópica que les permita interpretar los fenómenos de cambio químico cuando en ellos, no se evidencia la formación de nuevas sustancias o compuestos.</i> ▪ <i>Los estudiantes no logran diferenciar entre una mezcla y un compuesto en el nivel de representación microscópico a partir de representaciones icónicas de partículas.</i> CO-C: Según estudios de Gabel, 1987; Llorens 1989, en prensa y Nussbaum, 1985, un gran número de estudiantes no comprenden las reacciones químicas como la interacción de las partículas entre los reactivos. Esto lo demuestra en un estudio en el que los estudiantes ante una experiencia de laboratorio realizaban la formación de cloruro de amonio y en la que ellos no lograron desarrollar modelos que explicaran la combinación química como una reorganización de las moléculas de cloruro	DC: Desarrollar el esquema conceptual de la conservación de propiedades no observables para comprender que en una combinación química se mantiene el número de partículas y en consecuencia, se conservan a su vez, las leyes ponderales de la química: Ley de la conservación de la masa; ley de las proporciones múltiples y ley de las proporciones definidas. DC: Interpretar los cambios en términos de interacción entre partículas o sistemas lo que conduciría a la conservación de propiedades no observables. DC: Establecer una diferenciación a nivel macroscópico como	maximizar la comprensión de las leyes ponderales de la química, a saber: Ley de la conservación de la masa; ley de las proporciones múltiples y ley de las proporciones definidas. OEO-C: Apoyar en los estudiantes el uso de la idea científica: Las partículas de una sustancia al interaccionar entre ellas o con otras diferentes pueden combinarse para formar otras especies. Este objetivo tiene el propósito de: ▪ Alcanzar una diferenciación tanto a nivel macroscópico como submicroscópico del fenómeno de cambio químico. Asimismo, se busca la integración de estos dos tipos de representaciones multinivel con el objeto de apoyar más adelante la internalización del tópico de las reacciones químicas. ▪ Diferenciar algunos tipos de materiales con los que los estudiantes interactúan en su vida cotidiana. OEC: Apoyar la comprensión del proceso de cambio químico a partir de los demás características que constituyen el modelo corpuscular. Ya que éste permite predecir y explicar la naturaleza del cambio químico en un nivel de complejidad intermedio. Desde luego, hay que destacar que para alcanzar una interpretación más potente y sofisticada del fenómeno de reacciones químicas se requiere de la
---	--	---	--

	<i>de amonio en términos corpusculares (Nussbaum, 1985).</i> CC: <i>La materia no siempre se conserva, especialmente cuando se trata de los gases (i.e. El agua desaparece cuando se evapora).</i> CC: <i>El tamaño de las partículas de los sólidos es más grande que las partículas de líquidos, y, las partículas de los líquidos son más grandes que las de los gases.</i> CO: <i>Los estudiantes interpretan la energía como una categoría ontológica material o una entidad física, es decir, que la sustancializan, la convierten en un objeto.</i> CC: <i>Los gases no tienen masa. Los gases flotan. El humo es un gas.</i> CC: <i>Los gases calientes pesan menos; los gases pesan menos que los líquidos; los gases no pesan. Los gases no se ven afectados por la fuerza de gravedad ya que, no se caen como los sólidos y los líquidos; sino que éstos flotan en el aire. Es decir, que los estudiantes en su gran mayoría tienen una concepción ingenua y continúa de la materia, en la que conciben a las sustancias en estado gaseoso como propiedades</i>	submicroscópico de los fenómenos de cambio físico y químico. DO-C: Desarrollar una comprensión relacional del fenómeno de cambio químico desde una perspectiva submicroscópica, en donde, las moléculas de las sustancias interactúan generando un debilitamiento y fortalecimiento de las fuerzas interatómicas hecho que causa una reorganización de las partículas. Dicha situación ocasiona un cambio en la identidad de las moléculas, mientras que, se conserva la naturaleza de los átomos. DC: Construir los conceptos de: sustancia, mezcla, elemento y compuesto.	introducción de otros modelos teóricos como el de enlace químico, el modelo del electrón, entre otros. De todos modos, éstos se fundamentan en la naturaleza y estructura submicroscópica de las partículas o moléculas. OEC: Trabajar sobre la diferenciación e integración conceptual de los tres niveles de representación de la química para conceptualizar la idea que la interacción de las partículas genera una combinación química en la que no se conserva la identidad de las moléculas sino la de los átomos para que a través de este objetivo se logre acceder más adelante, al tópico de las reacciones químicas. Ahora bien, esta idea genera la oportunidad para que los estudiantes continúen desarrollando el esquema conceptual de interacción sistémica y de la conservación de propiedades no observables. Así pues, ideas y esquemas favorecerán la comprensión conceptual de una variedad de fenómenos cotidianos de cambio químico y reacciones químicas, tales como: la oxidación de los metales, los procesos de respiración y la fotosíntesis, la combustión, la oxidación, entre otros. OEC: Introducir y apoyarla aplicación del modelo para definir: OEC: Promover y destacar el desarrollo y
--	---	--	--

	<i>insustanciales, incapaces de intervenir en los procesos de cambio físico o químico.</i> CC: Los estudiantes presentan una tendencia a asociar el cambio químico con desaparición de las sustancias. De hecho, si no ocurre tal situación consideran que lo que ocurrió fue un cambio físico. CC: Para los estudiantes es más difícil comprender la idea de descomposición de nuevas sustancias que la idea de formación o composición de las mismas. Por ej., una vela encendida, es uno de los ejemplos más difíciles de cambio químico. CC: Los estudiantes presentan gran dificultad en internalizar la ley de la conservación de la masa, pues a través de la enseñanza simplemente, la han memorizado y archivado en su memoria cognitiva. De ahí que no la relacionan con el proceso de cambio químico, en el que se conserva el número de partículas y la identidad de los átomos, sin embargo, lo que ocurre es que cambia la identidad de las moléculas que participan. En consecuencia, ellos creen que las partículas se transforman en otra especie o tipo de partículas. Este hecho deja ver la misma creencia que tenían los alquimistas en	DC: Apreciar la diferencia entre -sustancia química y mezcla- y; entre -compuesto y elemento- DE-C: Elaborar representaciones iconográficas sobre el comportamiento submicroscópico que presentan las partículas durante el fenómeno de cambio químico. DO-C: Asumir las propiedades de estado como propiedades colectivas de las partículas. DC: Generar interpretaciones de los fenómenos de la conservación de la masa, forma, tamaño de las partículas. Asimismo, de la no conservación del volumen.	comparación de diferentes tipos de representaciones (analógicas e iconográficas en dos y tres dimensiones). Adicionalmente, introducir el uso de simulaciones que permitan visualizar e interpretar la naturaleza y el comportamiento de las partículas permitiendo representar los tipos de movimiento a nivel submicroscópico en el contexto de los estados de agregación y el proceso de cambio químico. OEE: Demostrar las limitaciones del modelo corpuscular: ▪ El modelo corpuscular es un importante modelo de nivel explicativo intermedio, útil para interpretar las propiedades físicas y los procesos de cambio físico y químico. No obstante, este no es científicamente completo, ya que, no da cuenta de la noción de átomos y moléculas. De ahí, que este se quede corto en explicar un sinnúmero de fenómenos mucho más complejos del mundo físico. En consecuencia, la comunidad científica ha tenido que desarrollar nuevos modelos teóricos mucho más sofisticados para explicar fenómenos como la estructura interna de las partículas, el enlace, la tabla periódica, las reacciones químicas, los compuestos ácido-base entre otros. Así pues, su uso en esta SEA está limitado a los tópicos seleccionados y secuenciados a lo largo de las
--	---	--	--

	<i>el siglo XVII sobre el fenómeno de la transmutación de las partículas.</i> CC: <i>Los estudiantes perciben que toda interacción o unión de dos o más sustancias es concebida como un cambio químico, a pesar de que esta sea una disolución.</i> CO: <i>Los estudiantes consideran los estados sólido, líquido y gas, como si fuesen, tres especies de sustancias diferentes imposibles de interactuar entre sí. En consecuencia, esta situación les imposibilita comprender por ejemplo, como un sólido (cobre) puede reaccionar con un gas (oxígeno).</i> CC: <i>Los estudiantes presentan dificultades para interpretar el sentido de la doble flecha en una ecuación química.</i> CC: <i>Los estudiantes presentan dificultades para interpretar los cambios físicos y químicos en un sistema en equilibrio.</i>		cinco grandes ideas que estructuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. OEC: Apoyar la práctica de los esquemas conceptuales de interacción de sistemas, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico, ya que estos se convierten en elementos fundamentales para poder darle sentido a las leyes ponderales de la química a saber: la conservación de la masa; ley de las proporciones definidas y ley de las proporciones múltiples). • Las partículas pueden estar unidos los unos a los otros, mediante, fuerzas de atracción que van disminuyendo, a medida, que se aumentan los espacios entre ellas; • La partícula más elemental, en este modelo interpretativo, es el átomo; • Hay un número finito de diferentes tipos de átomos; • la velocidad de movimiento de las partículas aumenta con la temperatura; • Los cambios de energía se asocian con cambios en la disposición de las partículas; • Durante un cambio físico la identidad de los átomos y moléculas permanece a pesar del cambio de apariencia.
--	--	--	---

Tabla 5-4. SECCION No.4⁶⁹: SECUENCIACION DEL CONTENIDO DEL NUCLEO CONCEPTUAL DE LA DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA y SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS

En esta sección se presenta y justifican las decisiones de diseño frente a la secuenciación del contenido específico y la selección de estrategias pedagógicas a través de las cuales se apoyará el aprendizaje de los estudiantes en un nivel de grano fino.

SECUENCIACION DEL NUCLEO CONCEPTUAL DE LA DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA

Aspectos claves de la secuencia de enseñanza a ser diseñada	Especificación de las fases que dan estructura general a la enseñanza del tópico específico	Lógica y Justificación
Estructura general de la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia en un tamaño de grano grueso.	El modelo de enseñanza que le posibilitará al profesor asistir a sus estudiantes pertenece al enfoque metodológico de los estudios de diseño. Así pues, a esta herramienta la subyace los marcos provenientes desde el modelo de diseño de la enseñanza del grupo Leeds (Amettler et al., 2007), el cual, concibe la enseñanza como un proceso complejo que se puede organizar en tres fases no lineales, a saber: Puesta en escena de la historia científica: Introduzco el lenguaje social científico (núcleos y esquemas conceptuales, los tres niveles de representación de la química) estableciendo un lenguaje formal entre profesor y estudiantes. Apoyo al proceso de internalización: Uso la gran idea de la naturaleza corpuscular y, a través de ella, se empieza a construir el modelo corpuscular de la materia y a desarrollarlos esquemas conceptuales de la química como instrumentos esenciales para explicar las propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases. Además, del lenguaje multinivel con el propósito de construir representaciones descriptivas, explicativas y simbólicas de los fenómenos en estudio. Traspaso de responsabilidad de profesor a estudiantes: Transfiero la gran idea de la naturaleza corpuscular de la materia para explicar propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases, estados físicos y procesos de cambio físico y químico.	a. Perspectivas sobre la enseñanza y el aprendizaje de contenidos científicos específicos (modelo de enseñanza y puesta en escena del tipo de interacción discursiva). El diseño de la enseñanza de un tópico específico del currículo de la química, debe estar iluminado e informado por los marcos teóricos provenientes de la investigación de diseño. No obstante, la estructura general de la secuencia de enseñanza se encuentra informada específicamente por el marco intermedio - <i>la perspectiva constructivista sociocultural sobre la enseñanza y el aprendizaje de</i>

⁶⁹ Al final de esta sección, para brindar una secuencia lógica entre los dos productos de diseño se presenta de manera muy sintética al Worked Example, el cual es referenciado por los autores como la guía del profesor.

Estructura general de la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia en un tamaño de grano fino.	Es importante destacar que todas las ideas científicas en que ha sido secuenciado el núcleo de la discontinuidad de la materia se presentan en progreso y, todas ellas, aplican y transfieren el modelo corpuscular de la materia para explicar nuevos fenómenos y procesos de cambio físico y químico; al mismo tiempo, que desarrollan los esquemas conceptuales y la diferenciación e integración del lenguaje multinivel de la química. A continuación, estos aspectos de la estructura general de la enseñanza que se desarrollará en el Worked Example para las dos lecciones en estudio, son descritas en un nivel de detalle de grano fino: 1. Puesta en escena de la historia científica. Se destaca que en el diseño de la primera lección se trata el establecimiento de un lenguaje común sobre la química, dado que, esta intervención está mediada por una serie de términos que quizás el estudiante desconoce. Esta situación influiría en la articulación que él haga entre el conocimiento que está en su memoria a largo plazo y, las declaraciones que le presente su profesor o el material curricular. Así pues, con el fin de superar dicha dificultad se tomó la decisión de diseñar ésta, para brindarle la oportunidad al estudiante de construir el significado de términos, tales como: meta-sistema y sistema; núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, interacción, representación macroscópica, submicroscópica y simbólica, conservación de propiedades no observables y relaciones cuantitativas; esquemas conceptuales de la química (interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico). En este sentido, se diseñaron una serie de tareas de aprendizaje, las cuales fueron contextualizadas a través de interrogantes y sub-interrogantes claves, adicionalmente, éstos fueron distribuidos a lo largo del continuo de las tres fases del modelo de enseñanza. De ahí, que en la puesta en escena los estudiantes se enfrentarán a una serie de tareas problemas, las cuales recogen elementos del contenido disciplinar, tales como: el establecimiento de un lenguaje común, las grandes ideas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, los esquemas conceptuales y las representaciones multinivel de la química.	<i>las ciencias en contextos formales-</i> (adoptada por Leach & Scott, 2002) la cual, se fundamenta en una perspectiva constructivista sociocultural en el que el profesor asume un rol protagónico en el sentido de orquestar el proceso de enseñanza-aprendizaje de un tópico específico para promover la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes. Asimismo, el diseño de la secuencia de enseñanza y aprendizaje se ha fundamentado en los marcos teóricos de las herramientas de diseño: la demanda de aprendizaje y el enfoque comunicativo (Leach y Scott, 2002; Mortimer & Scott, 2003; Mortimer, Scott y Aguiar, 2004; Scott et al., 2006), los cuales, quizás han tenido un aporte significativo desde los supuestos teóricos del modelo de enseñanza “<i>Ciclo de Aprendizaje</i>” (Brown & Abell, 2007), utilizado ampliamente en otras perspectivas bajo la línea de los estudios de diseño.
--	--	--

	En esta fase, el maestro escenifica el lenguaje social científico a partir de situaciones de aprendizaje teóricas y experimentales, las cuales le permitirán al profesor conocer las concepciones alternativas y antecedentes con las que llegan sus estudiantes singulares, además, estos últimos, tendrían la oportunidad de comenzar a tomar conciencia de dichas concepciones alternativas y limitaciones de las grandes ideas y de los diferentes tópicos adscriptos éstas, con la intención de comenzar a movilizarlas de manera progresiva hacia los modelos teóricos de las ciencias. Así, el maestro debe tener en cuenta explicitar y trabajar sobre las concepciones alternativas que él trae al aula previas a la enseñanza y, contrastarlas con el compendio de concepciones y dificultades que ya han sido debatidas, documentadas y estudiadas a través de las evidencias de trabajos empíricos en el campo de la educación en ciencias. Adicionalmente, será el punto de inicio del desarrollo progresivo de los esquemas conceptuales de la química (interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y el equilibrio térmico), junto con la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de esta disciplina (macroscópico, submicroscópico y simbólico). En cuanto al tipo de enfoque comunicativo que el maestro utilizará para promover la explicitación de los puntos de vista como para hacerlos conscientes de ellas tanto en el plano social como personal acerca de las grandes ideas de la discontinuidad de la materia, los esquemas conceptuales y el lenguaje multinivel pondrá en escena un discurso dialógico interactivo y no interactivo (Mortimer y Scott, 2003; Mortimer, Scott y Aguiar, 2004; Scott et al., 2006). Además, él utilizará un conjunto de estrategias pedagógicas específicas a las ciencias (ver siguiente apartado). Finalmente, cuando la mayoría de los estudiantes han logrado volver consciente sus concepciones alternativas de las grandes ideas de la discontinuidad de la materia, se pasará a la siguiente fase: 2. Apoyo al estudiante al proceso de internalización de las grandes ideas, conceptos	Se destaca, que el modelo de enseñanza asumido en el diseño de este núcleo conceptual se encuentra alineado con los presupuestos de las actuales reformas curriculares en ciencias, situación que le brindaría la posibilidad al estudiante de tomar conciencia de sus concepciones alternativas para luego desarrollarlas hacia unas representaciones de un mayor nivel de elaboración. Así pues, los autores sugieren diseñar la enseñanza a partir de las tres fases⁷¹ previamente descritas en la columna anterior: 1. La puesta en escena de la historia científica. 2. El apoyo a la internalización, 3. El traspaso de la responsabilidad al estudiante.
--	--	---

⁷¹ Estas tres fases del modelo de enseñanza dentro del diseño y la instrucción no siguen una trayectoria estrictamente lineal y los límites de cada una de éstas son difusos. (ver Worked Example).

	asociados, niveles de representación y esquemas conceptuales. Consiste en el proceso por el cual el maestro promueve el lenguaje social científico a través de actividades de aprendizaje que han sido pensadas y reflexionadas con el fin de que el estudiante se apropie de las ideas y los esquemas conceptuales que subyacen a éstas, además, de que él logre diferenciar e integrar el nivel de representación macroscópico con el submicroscópico a través de la interfaz del nivel de representación simbólico. Para ello, el maestro debe monitorear el nivel de comprensión, confusión y compromiso de los estudiantes cuando éstos están organizados en estructura interactiva, no interactiva y dialógica. Ahora bien, en el momento en que éste detecte incidentes críticos de inmediato reflexiona in situ y toma decisiones, tales como: pedirle a los estudiantes interrogantes o formular una nueva representación del tópico en cuestión, con el propósito, de que ellos tengan la oportunidad en donde desarrollen sus concepciones alternativas de manera progresiva y superen sus dificultades. En consecuencia, los estudiantes poco a poco con la asistencia del profesor construyen modelos descriptivos y, explicativos en estrecha interacción con el lenguaje y demás herramientas semióticas, a través de las cuales, se les posibilite a ellos interpretar, predecir y explicar nuevas propiedades físicas, tales como: la difusión, dilatación, viscosidad entre otras (intra-lección⁷⁰); como también los procesos de cambio físico y químico de la materia (inter-lección). Durante esta fase el profesor organiza la clase en un alto porcentaje a través de una serie de discurso dialógico/interactivo, mientras que para introducir el punto de vista científico él usará en un porcentaje menor un discurso de autoridad. El propósito de este último es el de asistir a los estudiantes en el desarrollo progresivo de sus concepciones alternativas acerca de la naturaleza discontinua de la materia, movimiento intrínseco de las partículas, espacio vacío	
--	--	--

⁷⁰En esta fase de diseño en la que se estructura la secuencia de intervención de la enseñanza (introducción, apoyo a la internalización y traspaso de responsabilidad al estudiante) hacemos referencia explícita que en cada una de las grandes ideas en que se secuenció la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia se mantuviese dicha coherencia curricular tanto a nivel de inter-lección (lecciones 1 y 2) como de intra-lección (las grandes ideas científicas junto con los conceptos, esquemas y niveles de representación de la materia).

	entre las partículas, estados de agregación y cambio físico y químico. Adicionalmente, él, brindará la oportunidad para que los estudiantes comiencen a desarrollar los esquemas conceptuales de la química junto con la diferenciación e integración de los niveles de representación. A partir de ellas, se pretende que los estudiantes junto con la asistencia del profesor construyan modelos interpretativos con un mayor poder explicativo y predictivo que les brinde la capacidad de comprender la naturaleza, propiedades, cambios y transformaciones del mundo físico. 3. Traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante. En esta fase el maestro brinda oportunidades para que el estudiante use o aplique las nuevas ideas científicas que han sido introducidas en el plano social (ej., la idea de la naturaleza corpuscular de la materia, movimiento intrínseco de las partículas, entre otras), cuando éste se enfrenta a nuevos contextos o situaciones problemáticas dentro de una misma lección (intra-lección) o inter-lección (propiedades físicas, procesos de cambios físico y químico). Es decir, se trata en esta fase de que el estudiante por sí solo, avance gradualmente hacia el plano individual en donde él procesa la información que logrará ir consolidando la internalización de las ideas científicas. Desde luego, que éstas se encuentran ubicadas en la zona de desarrollo proximal donde el estudiante aborda las situaciones problemáticas con la asistencia del profesor, de un par más avanzado o de manera autónoma. Adicionalmente, esta fase puede servir de preámbulo para comenzar a abordar la próxima idea secuenciada, dado que, el estudiante debería de utilizar los conocimientos y esquemas desarrollados durante la construcción de la nueva idea. Progresivamente el maestro brinda a los estudiantes las herramientas conceptuales para que ellos con su acompañamiento o sin él, logren usar y aplicar las cinco grandes ideas (anteriormente descritas) que han aprendido a lo largo de la trayectoria de aprendizaje conceptual, en contextos diferentes y novedosos para ellos. De hecho, esta situación quizás puede ser una evidencia del logro de un aprendizaje por comprensión conceptual. De esta forma, en el aula de química se ven reflejadas estas tres fases del ciclo de aprendizaje de manera gradual y en un continuo, de tal manera, que el profesor se moviliza a través de	
--	--	--

	ellas casi que con tanta experticia que sin duda alguna logra vincularlas a lo largo, de toda la SEA.	
Secuenciación del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Considerando que la enseñanza y aprendizaje del currículum de la química es un proceso complejo, dado que, a los contenidos de ésta los subyace aspectos, tales como: pensamiento multinivel (Jhonstone, 2010); alto nivel de abstracción; esquemas conceptuales (Pozo y Gómez Crespo, 1998), cuya ausencia en el pensamiento del sujeto se convierte en una restricción para su proceso de socialización en esta área. De ahí que, se haya tomado la decisión curricular de secuenciar y temporalizar la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia a partir de las cinco grandes ideas junto con los esquemas conceptuales que las fundamentan, además, a dicha secuencia la atraviesa el proceso de diferenciación e integración de los tres niveles de representación de esta disciplina con el fin de transformar la enseñanza en una instrucción viable que permita en lo posible, mejorar la comprensión conceptual de los estudiantes del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Cabe aclarar, que las cinco grandes ideas aunque provienen de la teoría cinético corpuscular de la materia desarrollada por la comunidad científica erudita, se han circunscrito dentro de un modelo sencillo que subyace a la necesidad de asistir a los estudiantes a superar las principales dificultades conceptuales⁷² que presenta el aprendizaje de la química en la educación secundaria, estudiadas y documentadas por la investigación educativa en educación en ciencias y que han sido tenidas en cuenta por la psicología cognitiva (ver sección marco teórico). En consecuencia, las cinco grandes ideas seleccionadas contribuyen a la comprensión del modelo corpuscular de la materia construido por la comunidad científica y éste a su vez, permite la construcción conceptual de las cinco grandes ideas, de sus conceptos asociados y de los esquemas conceptuales de la química (interacción, conservación y equilibrio). Vale la pena destacar, que para dar cumplimiento a dichas finalidades, se asumirá en el marco de la fase de implementación de la SEA en consideración, bajo una estructura lógica en forma de espiral asumiendo el modelo de enseñanza de ciclo de aprendizaje: introducción, aplicación y transferencia (Karplus & Thier, 1967). Tal como hemos descrito, la enseñanza y el aprendizaje del núcleo de la discontinuidad de la materia juega un papel clave para la comprensión conceptual		

⁷² tal como lo ponen de manifiesto las investigaciones sobre el aprendizaje y la enseñanza de la química se considera que la mayoría de los conceptos químicos que se desarrollan durante la educación secundaria dan lugar a un amplio compendio de dificultades conceptuales (Pozo y Gómez Crespo, 1998). En el caso particular de las cinco grandes ideas, se considera que la comprensión de la idea de discontinuidad de la materia, espacios vacíos, la interacción sistémica y el movimiento intrínseco de las partículas son las ideas conceptuales que mayores dificultades de aprendizaje generan, a razón, de las fuertes y consistentes concepciones alternativas basadas en un realismo ingenuo signado por los sentidos, que concibe solo lo que se percibe en un mundo cotidiano discontinuo, en el que la materia está inerte y en reposo.

de los tópicos del currículo, el desarrollo de los esquemas conceptuales y la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de esta disciplina. De hecho, este núcleo conceptual junto con los esquemas que lo subyacen, estructuran gran parte de la enseñanza y el aprendizaje de los tópicos del currículo de la química. De ahí, la importancia que el profesor de la escuela secundaria tome decisiones sobre el diseño y seleccione actividades de aprendizaje que le brinden la oportunidad al estudiante de comenzar a evolucionar sus concepciones alternativas de la discontinuidad de la materia hacia unos marcos interpretativos más elaborados, como el *modelo corpuscular de la materia*. Para ello, él deberá hacer uso de recursos curriculares provenientes de diversas fuentes, por ejemplo, el currículo prescripto, libros de texto escolares y universitarios, literatura basada en la investigación, equipos de laboratorio, recursos digitales, entre otros.

A partir de los anteriores presupuestos, consideramos el papel clave que tienen las decisiones de diseño sobre la actividad de secuenciación del contenido dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de un tópico específico. De allí, que las cinco grandes ideas le posibilitarían al estudiante el poder construir tópicos de menor nivel de generalidad del currículo de la química (ej., la gran idea de movimiento intrínseco de las partículas le permitiría darle sentido al fenómeno de la dilatación de un metal). Por lo tanto, el estudio de las principales dificultades anteriormente estudiadas, pueden resultar más fáciles de superar, si se tratan de relacionar entre sí. De ahí, la importancia de organizar los contenidos conceptuales en torno a este núcleo estructurante (Pozo y cols., 1991; Gómez Crespo y cols., 1992). Así pues, el estudiante logrará de manera progresiva hacer evolucionar sus ideas intuitivas sobre la naturaleza, las propiedades físicas de la materia junto con los procesos de cambio físico y químico que puedan experimentar las sustancias. Según el marco que subyace al modelo del grupo Leeds, es posible que esto se consiga si el profesor pone en escena, usa y aplica el modelo corpuscular de la materia a nuevos contextos o fenómenos del mundo físico. Adicionalmente, él deberá promover la diferenciación e integración del lenguaje multinivel y el desarrollo de los esquemas conceptuales de: interacción sistémica, conservación y equilibrio. Desde luego, estos últimos les permitirán a los estudiantes, explicar el comportamiento físico y químico de la materia a nivel cualitativo. Así, las grandes ideas, esquemas conceptuales y modelos, se convierten en elementos dinamizadores claves para el aprendizaje que deben ser integrados por el profesor para que los estudiantes lo usen y apliquen gradualmente de forma casi que espontánea, a lo largo de todas las actividades de aprendizaje.

Naturalmente, las cinco grandes ideas que constituyen el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia junto con los esquemas conceptuales que subyacen a éstas, han sido seleccionadas y secuenciadas desde la literatura basada en la investigación acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la química. Desde luego, este proceso se ha dado desde el análisis de contenido hecho a los textos escolares y universitarios (ver sección 2), permitiéndonos evidenciar que estas ideas y esquemas no se abordan de manera explícita en extensión y profundidad tanto en el currículo prescripto como en el currículo planeado de esta disciplina (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Por tal razón, se tomaron como criterios claves los siguientes principios de secuenciación los cuales se sustentan en la naturaleza disciplinaria del tópico en consideración (Posner and Strike, 1976):

(1) el principio del conocimiento prerequisite lógico para aprender un tópico en consideración. Como se había mencionado en la sección No.1 del

documento del Design Brief se considera clave establecer un *lenguaje científico común*⁷³ entre los estudiantes y el profesor, previo a la introducción de las grandes ideas que configuran el núcleo de la discontinuidad de la materia. De ahí, que como lo explicitan las demandas de aprendizaje de nivel general (ver sección 3 del Design Brief) el Worked Example inicia con (4) actividades de aprendizaje que promueven dicho lenguaje con el que se intenta dar a conocer los elementos del meta-sistema que estructura la enseñanza de esta disciplina: núcleos conceptuales, niveles de representación de las ciencias y los esquemas conceptuales de la química (ver lección No.1 del Worked Example). De otro lado, las cinco grandes ideas también han sido secuenciadas teniendo en cuenta dicho principio: *la idea de la naturaleza corpuscular de la materia*, es por tanto, considerada como la primera idea científica que debe ser introducida al plano social del aula, ya que, a través de ella los estudiantes se inician en la comprensión submicroscópica de la materia con el fin de superar las restricciones que pone el sistema sensorial que la percibe como continua y estática. Adicionalmente, esta es clave para que ellos puedan conceptualizar que las partículas aunque son producto del desarrollo de una teoría o modelo teórico, éstas son consideradas como los elementos básicos constituyentes de la materia. Vale la pena destacar, que en los textos y documentos previamente analizados acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la química, se encuentra que éstos la consideran como una sola idea o noción: “la discontinuidad de la materia y la noción de vacío”. Sin embargo, en esta SEA éstas han sido tratadas de manera individual pero secuenciadas de manera complementaria. Así pues, la segunda idea secuenciada es la de *espacios vacíos*. Ésta es considerada como una idea prerequisite para que los estudiantes puedan comprender que el espacio vacío entre las partículas condiciona los estados de agregación y propiedades físicas como la difusión, viscosidad, densidad, compresibilidad y la conceptualización del proceso de disolución. Adicionalmente, esta es esencial para que ellos conceptualicen que la materia es un complejo sistema de partículas en continuo movimiento e interacción cuya causa es precisamente el espacio existente entre las partículas. Del mismo modo, las ideas de *la*

⁷³ El establecimiento de un lenguaje científico común hace referencia a la necesidad que tiene el profesor de que los estudiantes interactúen con el lenguaje en que se expresa la ciencia, es decir, identifiquen, diferencien e integren los tres niveles de representación de la materia y los esquemas conceptuales de la química: iniciando con el de interacción sistémica, después con la conservación de propiedades no observables y finalmente, el equilibrio térmico. Así pues, ellos podrán diferenciar e integrar dichos niveles y esquemas con el propósito de maximizar la comprensión del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

materia como un sistema en interacción y, el movimiento intrínseco de las partículas son complementarias y se usan para interpretar a nivel submicroscópico, fenómenos como los estados de agregación y los procesos de cambio físico/químico de la materia, junto con los conceptos de temperatura, energía y calor. Entre tanto, la última idea científica: *“las partículas de una sustancia al interaccionar entre ellas o con otras diferentes, pueden combinarse para formar otras especies de partículas que conforman una nueva sustancia”* junto con los esquemas de conservación de propiedades no observables y, la conservación de la masa y la materia son también esenciales para establecer diferencias conceptuales entre cambio físico y químico. De hecho, esta diferenciación es fundamental para la comprensión del tópico de las reacciones químicas y el equilibrio químico.

En definitiva, este criterio permite que el profesor secuencie núcleos⁷⁴ y esquemas conceptuales⁷⁵, ideas y conceptos científicos lográndose una amalgama casi insoluble y a-lineal entre ellos. Por tal razón, concretar esta decisión de diseño se vuelve una tarea compleja para el diseñador. Así pues, a lo largo del diseño de las actividades de enseñanza y aprendizaje de esta SEA, es evidente que en cada una de las lecciones se le haya dado un cuidadoso tratamiento a determinar cuáles ideas y conceptos eran considerados un conocimiento prerequisite para ser enseñados a priori o a posteriori.

(2) el principio del nivel de complejidad del tópico. Este principio permite que los estudiantes puedan movilizarse en dos niveles de tratamiento, a saber: primero empezar con tareas que estén adscritas al mundo macroscópico o descriptivo, seguidas por las que pertenecen al nivel submicroscópico o explicativo en el que deben hacer uso del modelo corpuscular de la materia y, finalizar con la representación de ambos mundos a nivel simbólico. De otro lado, este principio también es apropiado para estructurar de manera lógica las actividades de enseñanza comenzando por tareas en las que se interpreten los fenómenos de manera cualitativa utilizando para ello, las cinco grandes ideas, los conceptos asociados a éstas (i.e., masa, peso, volumen, densidad)y, los esquemas conceptuales de interacción, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico. Asimismo, este principio permite establecer que el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia es el primero que debe ser construido en la educación secundaria, ya que, éste además de ser consistente con el grado de desarrollo del pensamiento del estudiante (transición del pensamiento concreto al

⁷⁴La secuenciación de los tres núcleos conceptuales ya viene dada por la psicología cognitiva teniendo en cuenta los marcos teóricos sobre cambio conceptual. Por lo que se refiere a los tres núcleos conceptuales de la química: discontinuidad de la materia; conservación de propiedades de la materia; y relaciones cuantitativas, podemos afirmar, que el primero aborda la idea de la naturaleza corpuscular de la materia, la cual, es fundamental para comprender la naturaleza, el comportamiento de la materia y sus propiedades físicas; el segundo, junto con el anterior tratan de la conservación de propiedades no observables, de modo que éste le permiten al estudiante hacer una diferenciación e integración de los cambios físicos y químicos, además, de comprender las leyes ponderales de la química; finalmente, el tercer núcleo, desarrolla la manera como se cuantifica las relaciones entre los diferentes fenómenos con la intención de modelarlos. Por consiguiente, estos tres núcleos aparecen en la base de las dificultades que presentan los aprendices para interiorizar los diferentes tópicos del currículum de la química (Pozo, Gómez Crespo, Limón, & Sanz, 1991).

⁷⁵Los esquemas conceptuales también siguen una pauta lógica de secuenciación que subyace a la lógica de la psicología cognitiva. De ahí, que desde esta perspectiva los esquemas tendrían un orden de secuenciación para su enseñanza: 1. La materia como un sistema de partículas en interacción; 2. La conservación de propiedades no observables, 3. el equilibrio térmico, 4. la proporcionalidad, 5. la correlación y 6. la probabilidad.

formal), es clave, para comprender la amplia gama de propiedades físicas y procesos de cambio físico/químico (ver más adelante, cada una de las ideas y conceptos científicos secuenciados bajo dicho principio).

(3) Otro de los criterios claves que han sido tenidos en cuenta para secuenciar y seleccionar tanto los tópicos como las (5) grandes ideas sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia provienen de la literatura acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la química los cuales hacen referencia a ***las principales dificultades conceptuales y concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes al aula de química***, ya que, éstas son consideradas que juegan un papel central en la selección y secuenciación de las actividades de aprendizaje a lo largo del diseño del Worked Example en cuestión (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Limón, & Sanz, 1991; Abell, Appleton, Hanuscin, 2010). De ahí, que tomando en cuenta los marcos teóricos provenientes de la psicología cognitiva los cuales plantean la necesidad de jerarquizar las dificultades conceptuales que se presentan en la enseñanza de la química, la psicología cognitiva ha organizado la química en torno a tres grandes núcleos conceptuales a saber: la naturaleza corpuscular de la materia, la conservación de propiedades de la materia y las relaciones cuantitativas, con el propósito deliberado, de que los estudiantes las identifiquen, expliciten y vuelvan conscientes para su posterior evolución o redescrición hacia los modelos de ciencia. Así, cada uno de ellos, se irán introduciendo en el plano social del aula de química durante la educación secundaria. No obstante, bajo este principio de secuenciación se recogen un conjunto amplio de dificultades, limitaciones y concepciones alternativas relacionadas con la naturaleza corpuscular de la materia y la conservación de propiedades no observables, las cuales, han sido tenidas en cuenta al momento de plantear las demandas de aprendizaje, los objetivos de enseñanza y estrategias pedagógicas con el propósito de que estas sean superadas por los estudiantes de secundaria.

En consideración con los anteriores principios o criterios de secuenciación, tanto núcleos y esquemas conceptuales como las grandes ideas y conceptos acerca del núcleo de la discontinuidad de la materia quedaron secuenciadas de la siguiente manera:

1. La idea de la naturaleza corpuscular de la materia: Según los estudios que se han llevado a cabo sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991, entre otros) el primer paso que el estudiante debe dar en su trayectoria conceptual hacia la comprensión de la naturaleza de la materia, es concebirla de modo discontinuo, esto significa formada por partículas. De ahí, que para la comprensión de esta idea, el maestro debe conocer que tanto las creencias cotidianas de los estudiantes sobre el mundo, como la interpretación descriptiva o macroscópica que ellos construyen sobre los fenómenos y objetos físicos, no son lo suficientemente potentes para explicar el comportamiento y las características físicas de la materia. En consecuencia, el conocimiento cotidiano del estudiante generado por su sistema sensorial, la cultura y la escuela ha dado origen a la formación de concepciones alternativas sobre la materia las cuales están estructuradas a partir de hechos y datos (ej., ellos consideran que los objetos materiales tienen una apariencia continua y compacta, aunque acepten la existencia de las partículas submicroscópicas), en la que los estudiantes establecen relaciones de causalidad lineal y unidireccional (ej., interpretar el fenómeno de la oxidación, como un polvillo rojo o anaranjado que flota en el aire y que se deposita sobre un clavo que se ha dejado a la intemperie). Por tanto, para que los estudiantes logren alcanzar progresivamente, la comprensión conceptual de esta gran idea y además, comiencen a desarrollar los esquemas conceptuales, se requiere que el profesor diseñe una serie de

actividades de aprendizaje a través de las cuales, se planteen experiencias concretas o experiencias de primera mano (Brown & Abell, 2007). Es decir, prácticas de laboratorio sencillas, encaminadas a explorar y trabajar sobre las concepciones alternativas de los estudiantes sobre algunos conceptos e ideas claves, tales como: objeto material y materia; sistema e interacción entre sistemas; el significado de las ideas científicas “estar hecho de”, cantidad e identidad de material; propiedades físicas generales (extrínsecas) y específicas (intrínsecas) y, la conceptualización de las propiedades físicas y estados de agregación de la materia.

Así pues, en la primera lección se describirán algunas propiedades macroscópicas de la materia a saber: forma, masa, volumen, compresibilidad, difusión y disolución, teniendo en cuenta, los criterios de secuenciación antes mencionados. De esta manera, el profesor brindará el apoyo a la internalización e irá dando traspaso de responsabilidad al estudiante para que los estudiantes apliquen el modelo corpuscular a nuevos contextos o situaciones cotidianas. Más adelante, se explorarán las ideas o concepciones acerca de la naturaleza de las sustancias gaseosas, ya que, este tópico es sumamente importante para acceder a la comprensión conceptual de las leyes ponderales de los gases. Con ello, se intenta que ellos vuelvan consciente adscribir dichos sistemas a una nueva categoría ontológica (movilizarse de estados a procesos en continua interacción y equilibrio).

En una segunda fase de esta lección, el profesor escenifica la historia científica con la que introduce gradualmente la idea de la naturaleza corpuscular de la materia planteando interrogantes claves y subinterrogantes, y, haciendo uso de estrategias pedagógicas tales como: el **POE** (Predecir, Observar y Explicar), las prácticas científicas, el planteamiento de situaciones problema contextualizadas y, organizadores previos, entre otros. Así, de manera simultánea el profesor invita a los estudiantes a desarrollar el modelo corpuscular de la materia. Sin embargo, ya no lo hacen a partir del nivel de representación macroscópico, sino, que se movilizan al nivel submicroscópico (naturaleza corpuscular y sus propiedades no observables) y simbólico, con el fin, de que ellos den sentido y significado a las propiedades físicas, los estados de agregación de la materia. De la misma manera, se espera que el profesor logre volver consciente a los estudiantes de que la construcción de modelos teóricos por parte de la comunidad científica es una actividad constante y progresiva, en la que dichos modelos presentan límites explicativos y predictivos. Es decir, que el modelo corpuscular es implausible, ya que éste, no puede explicar ni predecir todos los fenómenos naturales que ocurren en el mundo físico. Vale la pena destacar, que por la extensión, profundidad y nivel de complejidad del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, solo será posible desarrollar un Worked Example que contempla el establecimiento de un lenguaje común entre profesor-estudiante y la idea de naturaleza corpuscular de la materia. En efecto, esta última es una idea de apalancamiento clave para el desarrollo de las demás ideas científicas que componen el modelo corpuscular y a partir de las cuales se secuenció dicho núcleo conceptual.

2. La idea de espacios vacíos entre las partículas

La literatura en el campo de la psicología cognoscitiva documenta que para el aprendizaje de la química, la idea de que entre las partículas hay un espacio vacío presenta gran dificultad para los estudiantes antes e incluso después de la instrucción (Driver et al., 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1997). Entre otras, porque esta idea va en contra de nuestra concepción de un mundo perceptible en el que los objetos y sustancias se encuentran como algo compacto, continuo y en reposo, en el que no se percibe nada más que materia en sus diversas formas y estados. Por tal motivo, la enseñanza de esta idea requiere de

ser constantemente apoyada y fortalecida por parte del profesor para que los estudiantes la vuelvan consciente hasta lograr su internalización. Para ello, el profesor debe poner en escena en el aula de química, actividades experimentales concretas o de primera mano (Brown & Abell, 2007) que le permitan al estudiante inferir su existencia. En consecuencia y para ello, el profesor debe diferenciar y luego integrar el nivel de representación macroscópico con el submicroscópico, ya que éste le permite a él, asumir una concepción menos ingenua y por tanto, más relativista y abstracta del mundo material. De ahí, que sea fundamental secuenciar esta idea teniendo en cuenta actividades en la que ellos aceptan la idea de vacío de una forma un poco más plausible asumiendo como punto de partida de la enseñanza, el desarrollo de modelos descriptivos de los fenómenos macroscópicos, tales como, la difusión, compresibilidad, dilatación y la densidad. Ahora bien, teniendo en cuenta los principios del nivel de complejidad y el de las dificultades conceptuales y concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes previo a la enseñanza de dichos tópicos, estas propiedades físicas deben ser abordadas en el siguiente orden: sistemas gaseosos, seguido de los líquidos (Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 1993) y, finalmente se estudian los sistemas sólidos. Ahora bien, para que los estudiantes aprendan a explicar dichos fenómenos a nivel macroscópico y microscópico se deben desarrollar los esquemas de interacción, conservación, proporción y correlación.

Vale la pena destacar, que para los estudiantes aceptar la idea de espacios vacíos entre las partículas, significa abandonar la apariencia macroscópica que subyace a las fuertes concepciones alternativas basadas en el sentido común (apariencia compacta, densa y dura). De hecho, para el caso de las sustancias en estado líquido, aunque ellos aceptan de modo un poco más plausible, la idea de espacios vacíos, los estudiantes de secundaria y algunos de universidad aun siguen sosteniendo algunas de las siguientes concepciones contraintuitivas: *“al interior de un sólido no hay nada”*; o, *“hay partículas de la misma sustancia”*; *“en los líquidos como el agua no existe nada”* o en su defecto, *“el agua se compone de virus, bacterias, suciedad, entre otras sustancias más”*. Asimismo, para los gases plantean que entre partícula y partícula *“existe aire, agua, partículas de polvo, suciedad y microorganismos”* (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

3. Las interacciones entre estas partículas determinan los estados de agregación, las propiedades y los cambios físicos de la materia.

Sin duda alguna, uno de los contenidos específicos de química en la educación secundaria más relacionado con el mundo de los fenómenos cotidianos es el de los estados físicos de la materia. De ahí, que la enseñanza de esta gran idea sea clave para que los estudiantes puedan describir y explicar la naturaleza y la estructura de la materia en sus diferentes estados (sólido, líquido, gaseoso, plasma), fenómenos como la disolución y algunas de las propiedades macroscópicas (ej., la dilatación de un riel de una carrilera en el verano). En tanto que los procesos de cambio físico (fusión, evaporación, sublimación, entre otros) serán abordados a partir de la idea de movimiento intrínseco entre las partículas puesto que para su interpretación se requiere que los estudiantes internalicen conceptos prerrequisitos, tales como: energía, temperatura y calor. Es decir, que estos constructos serán introducidos y por tanto, conceptualizados a partir de esta idea, no obstante, ellos serán abordados con mayor nivel de complejidad en la idea de movimientos intrínsecos de la materia. Así pues, estos serán útiles para describir y explicar fenómenos cotidianos, tales como: las sustancias sólidas, líquidas y gaseosas; propiedades como la disolución y los cambios de fase (fusión, evaporación, solidificación, condensación y sublimación).

Vale la pena destacar, que la idea de la naturaleza de la materia como un sistema en interacción es considerado por la comunidad de investigación (Pozo y Gómez Crespo, 2001) como el objetivo de la educación en secundaria. Pese a la persistencia y consistencia de las concepciones alternativas que se conocen sobre la misma, ésta idea debe ser tenida en cuenta como un conocimiento prerequisite a la enseñanza de la idea de movimiento intrínseco de las partículas. En primer lugar, porque las interacciones entre las partículas provocan cambios en el movimiento o, en la manera de asociarse entre ellas. En segundo lugar, éstas generan fuerzas de atracción inter e intramoleculares, las cuales, determinan la apariencia perceptible de las sustancias en el mundo macroscópico. Es decir, que el ordenamiento de las partículas cuando estas interactúan entre sí, configuran los estados físicos o aparentes de la materia macroscópica: solido, líquido, gaseoso y plasma.

A partir de lo anterior, los tópicos que subyacen a la idea de interacción entre partículas serian secuenciados de la siguiente manera:

- Se pone en escena, el fenómeno de la *disolución* entre dos sustancias. A través de él, se diferencian e integran los niveles de representación macroscópico, submicroscópico y simbólico (ej., disolución de azúcar en agua, alcohol en agua, entre otras) y se desarrollan los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico. Así pues, el profesor intenta apoyar la comprensión de dicho fenómeno en los estudiantes singulares;
- Se introduce el fenómeno de la *densidad*. Primero en los sistemas gaseosos, después en líquidos y por último, en sólidos (desde un nivel de tratamiento cualitativo);
- El fenómeno de la *dilatación* de una sustancia en estado sólido es el último tópico en escenificarse puesto que es de naturaleza contraintuitiva de hacer más plausible el modelo corpuscular;
- Finalmente, se plantea la construcción de los conceptos de: disolución, densidad y dilatación en el plano social e individual del aula de química.

4. La idea de movimiento intrínseco de las partículas: “Las partículas que constituyen la materia, presentan movimientos intrínsecos”. A causa de la apariencia perceptible del mundo cotidiano en el que generalmente la materia aparece en reposo, a menos, que exista algún agente causal que actúe sobre ella, esta idea contraintuitiva o de sentido común, ha generado que las concepciones alternativas sobre la idea de movimiento intrínseco de las partículas sean considerablemente resistentes y persistentes al cambio. En consecuencia, los estudiantes establecen poca distinción entre el movimiento en el nivel intrínseco y el movimiento aparente de las sustancias. Especialmente, cuando se estudian las sustancias en estado líquido. A partir de la siguiente situación, hemos considerado abordar la enseñanza de esta idea, partiendo de las sustancias en estado gaseoso. Luego, serian consideradas las sustancias líquidas⁷⁶ y

⁷⁶ Según los estudios sobre concepciones alternativas, los estudiantes conciben el movimiento intrínseco de la materia, no obstante, este es provocado por un movimiento aparente de las sustancias (i.e., las partículas de los líquidos se mueven cuando este es producido por un agente externo).

finalmente, los sistemas sólidos (Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 1993; Pozo y Gómez Crespo, 1997). En este sentido, dicha secuenciación del tópico, contribuiría a hacer del modelo de partículas, un modelo más plausible. Asimismo, se ha determinado que para que los estudiantes puedan desarrollar modelos explicativos a nivel submicroscópico acerca de los cambios de estado, los diseñadores o profesores deben diseñar actividades de enseñanza en las cuales se articulen las ideas del movimiento intrínseco y el arreglo de las partículas con los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación y equilibrio; de forma que, durante la enseñanza se explicita la integración e interacción de estos elementos. De esta manera, se pretende que el estudiante pueda alcanzar una diferenciación entre los niveles de representación macroscópico, submicroscópico y simbólico (Pozo & Gómez, 1998).

En este sentido, la comprensión conceptual de la idea de movimiento intrínseco de las partículas debe ser también integrada con el uso y aplicación del modelo corpuscular para facilitar a los estudiantes la comprensión conceptual de los cambios físicos y químicos que tienen lugar en la materia. De ahí, que para comprender los cambios de estado de una sustancia, estos deban ser interpretados como “*diversos estados de un mismo modelo teórico: el modelo corpuscular de la materia*”. En consecuencia, en algunas de las investigaciones sobre concepciones alternativas de los estudiantes realizados por dicha comunidad de investigación (ej., Pozo y Gómez Crespo, 1998; Leach & Scott, 2002), estos arrojan datos que afirman que los estudiantes representan cada uno de los estados desde diferentes modelos o teorías científicas. En este sentido, hemos asumido que para que los estudiantes puedan explicar el fenómeno de los estados de agregación de la materia el profesor debe vincular éste con los presupuestos teóricos del modelo corpuscular de forma gradual y progresiva. Adicionalmente, esta gran idea debe ser integrada con los esquemas conceptuales de interacción sistémica (el cual, le posibilitaría a él, ir construyendo estructuras conceptuales; por ejemplo, el principio o esquema de interacción posibilita que las partículas de una sustancia simple (elemento) puedan agruparse en estructuras más complejas como las moléculas, quienes forman los diferentes compuestos químicos) y el esquema conceptual de la conservación de propiedades no observables. Así pues, a partir de esta integración conceptual se estaría avanzando en la comprensión de la idea del cambio químico.

De otro lado, es clave que durante la enseñanza y el aprendizaje de esta idea el profesor aborde la conceptualización de las variables temperatura y presión, ya que éstas juegan un papel central para la comprensión de los procesos de cambio de fase, es decir, que estos dos factores o variables son considerados también conceptos prerequisite para la comprensión de los tópicos de diagramas de fase y las curvas de calentamiento. De ahí, que la intención sea además, que los estudiantes logren superar la concepción alternativa que tienen los estudiantes de considerar que el único factor indispensable para que ocurran los cambios de fase son las variaciones en la temperatura, desconociendo por tanto, el valor de la presión como un agente externo que determina dichos cambios de estado (i.e., la presión que se ejerce a los gases comprimidos en sistemas cerrados). De esta forma, se pretende que los estudiantes den una explicación racional a fenómenos cotidianos como: la licuefacción del aire o de los gases comburentes y la fabricación del hielo seco o dióxido de carbono que a temperatura ambiente presenta una apariencia gaseosa.

Finalmente, la internalización de esta idea les permitiría a los estudiantes seguir una conceptualización progresiva que hace referencia a que los cambios de apariencia de las sustancias dependen del arreglo que adopten las partículas, gracias a la ganancia o pérdida de energía de éstas. Es decir, se tiene el

propósito que los estudiantes logren una diferenciación e integración entre el mundo macroscópico y el submicroscópico, hecho que les posibilitaría, usar los tres niveles de representación para darle sentido a todos los fenómenos físicos y químicos generados por la interacción del sistema sensorial con su entorno; dicho de otra manera, podrán relacionar las propiedades aparentes de la materia con los niveles de organización submicroscópico y simbólico. Desde luego, también se necesita seguir desarrollando los esquemas cualitativos de la química, dado que éstos fundamentan la construcción de los modelos científicos (Candela, 2010). Así pues, el desarrollo de esta idea le permitiría al estudiante fortalecer los anteriores conceptos construidos durante la conceptualización de los cambios de estado físicos, además, le posibilitaría a éste construir otros conceptos y esquemas que serían muy útiles cuando se aborde más adelante la gran idea del cambio químico.

5. Las partículas de una sustancia al interaccionar entre ellas o con otras diferentes puede combinarse para formar otras especies de partículas que conforman una nueva sustancia:

El concepto de cambio químico es considerado por los profesores de química como un objetivo de destacada importancia en la enseñanza de esta disciplina. Por tal motivo, todos los profesores deberían de ser conscientes de las dificultades que presenta el aprendizaje de este tópico para los estudiantes. De hecho, en este estudio se ha considerado que dichas dificultades, limitaciones y concepciones alternativas son un criterio que debe de ser tenido en cuenta tanto para la selección como para la secuenciación de las grandes ideas. Por tal motivo, a continuación se describen cuáles han sido las que se oponen a la comprensión de dicha idea. El propósito, es intentar superarlas y así, maximizar su comprensión conceptual. Por tal motivo, muchos estudiantes en la educación secundaria se les dificultan realizar una articulación entre propiedades macroscópicas de la materia (ej., la masa) y las propiedades no observables (i.e., la identidad de la sustancia “átomos y moléculas”), dado que, ellos conciben éstas como problemas diferentes.

Adicionalmente, no son conscientes que dichas propiedades están condicionadas por los cambios en la estructura submicroscópica de la materia, situación que los conduce a pensar que en una disolución además de cambiar su apariencia también cambia la identidad de las sustancias (se forma una nueva sustancia química); mientras, que en un cambio físico ellos piensan que se sigue manteniendo la identidad de las partículas que constituyen dicha sustancia (cambio físico). Otra de las dificultades estudiadas, ha sido la manera en que los estudiantes utilizan la teoría corpuscular de la materia para explicar el concepto de cambio químico, a causa de que las actividades de enseñanza/aprendizaje no ha sido diseñadas para apoyar la construcción social de dicho modelo en el aula de química. En consecuencia, los estudiantes no toman en cuenta el debilitamiento y fortalecimiento simultáneo de las fuerzas interatómicas, que permiten la reorganización de los átomos durante la reacción química haciendo que varíe la identidad de las moléculas y se conserve la cualidad de los átomos. Lo anterior genera en los estudiantes de secundaria y primeros años de universidad, una enorme dificultad para interpretar a nivel submicroscópico los términos de una ecuación química, además, del obstáculo que se presenta en el establecimiento de las relaciones estequiométricas.

Finalmente, de las dificultades a la cual se enfrentan los estudiantes en los cursos de química, es la conceptualización de la ley de la conservación de la masa, a causa de que se necesita que los estudiantes hayan previamente desarrollado los esquemas conceptuales de interacción, conservación del número

de partículas y de la identidad de la sustancia y equilibrio (Pozo & Gómez, 1998), que son los que subyacen la construcción de la ley de la conservación de la masa. De hecho la comprensión científica y aplicación de ésta en las reacciones químicas es considerada problemática para muchos estudiantes de secundaria y primeros años de universidad en la gran mayoría de escuelas en el mundo, según lo afirman, los estudios sobre concepciones alternativas (Yarroch, 1985; Stavy, 1990; Driver, 1999).

De ahí, que para la enseñanza y aprendizaje de esta idea se deba atender la articulación de tres elementos esenciales considerados por la psicología cognitiva a saber: los núcleos, esquemas conceptuales y niveles de representación quienes generalmente han sido desatendidos por los profesores y diseñadores del currículo de la química. Adicionalmente, se debe de haber internalizado previamente la idea de los espacios vacíos, y, que muchas de las propiedades percibidas a través del sistema sensorial vienen condicionadas por los cambios en el arreglo y movimiento de las moléculas, debido a las interacciones entre ellas o con otras moléculas diferentes pertenecientes a otro sistema con el que están interaccionando. Así, estas ideas prerrequisito les permitiría comprender los cambios físicos y químicos que tanta dificultad les ha costado a los estudiantes históricamente. Además, comprender que los anteriores aspectos son un prerrequisito para poder comprender otros tópicos de la química, que se encuentran articulados con el núcleo conceptual de las relaciones cuantitativas y de la conservación de propiedades no observables (ej., estequiometría, equilibrio químico, soluciones, elemento, compuesto, átomos, moléculas, ecuación química, etc.). Por tal motivo, durante la toma de decisiones curriculares y de enseñanza respecto a la secuenciación y temporalización de esta gran idea se ha considerado importante abordar conceptualizaciones de las ideas o conceptos a nivel cualitativo. Éstos tratan de dar sentido a las propiedades y cambios de la materia en los tres niveles de representación (ej., la materia está constituida por pequeñas partículas, el movimiento intrínseco de las partículas, la existencia del espacio vacío entre las partículas, el arreglo de las partículas condiciona las propiedades macroscópicas; presión, energía, calor y temperatura), junto con el desarrollo del esquema de la conservación del número de partículas (en una reacción química no se conservan la identidad de las moléculas, pero sí la de los átomos) y el de la cualidad de la sustancia.

Así pues, se pretende diseñar estrategias pedagógicas (ver siguiente apartado) en las cuales los estudiantes desarrollen de manera gradual esta idea científica, empezando por situaciones de enseñanza concretas en donde se los enfrente con experiencias cotidianas a cerca del fenómeno del cambio químico (a nivel macroscópico) en las que se les anime a enriquecer y recrear sus concepciones alternativas de acuerdo con su madurez cognitiva. De hecho, el profesor los deberá enfrentar con situaciones de mayor grado de complejidad adscritas al nivel submicroscópico y simbólico de la materia. Estas les permitirá a ellos, construir un modelo teórico lo más próximo al concepto de cambio químico. En cuanto al nivel de tratamiento del tópico del cambio químico (reacción química), este ha sido secuenciado atendiendo el criterio de nivel de complejidad del tópico el cual hace referencia a la comprensión de lo que ocurre durante el fenómeno químico “ las moléculas de una sustancia química, interaccionan generándose simultáneamente un debilitamiento y un fortalecimiento de las fuerzas interatómicas, hecho, que hace que éstas cambien su identidad, pero que se mantenga la cualidad de los átomos⁷⁷. No

⁷⁷En esta secuencia de enseñanza/aprendizaje se tratará el tópico del cambio químico, a un nivel de comprensión cualitativo; desarrollos posteriores del currículum de química abordarán el nivel de tratamiento cuantitativo a través de los cálculos estequiométricos.

obstante, el ámbito cuantitativo, hace referencia al cálculo proporcional del proceso o establecimiento de las relaciones estequiométricas para una reacción en la que intervienen sustancias puras en cualquiera de los tres estados de agregación. Hay que destacar, que la educación en química ha descuidado el primero, focalizando la enseñanza y el aprendizaje en los cálculos estequiométricos como parte fundamental del estudio de las reacciones químicas (comprensión instrumental). Así que, se considera oportuno comenzar la secuencia de enseñanza/aprendizaje de esta idea, ya que, ella es un concepto prerequisite que le permitirá al estudiante fundamentar teóricamente los cálculos proporcionales. El propósito es que los estudiantes construyan un marco teórico de referencia (conocimiento prerequisite), que fundamente la comprensión del tópico de cambio químico. Ahora bien, el análisis cuantitativo quedaría pospuesto para ser abordado en el grado décimo a partir del diseño de un nuevo Worked Example que siga la coherencia inter-lección para esta gran idea.

En definitiva, durante la secuenciación de cada una de las cinco grandes ideas destacamos la necesidad de abordar los conceptos, esquemas y niveles de representación que se intenta que los estudiantes logren internalizar de manera progresiva. En este sentido, los estudios dejan ver que para superar las principales dificultades que se presentan en el aprendizaje de los tópicos de la química, se vuelve indispensable el establecimiento de un lenguaje común entre los estudiantes y el profesor (ver en el siguiente apartado). Por tal motivo, hemos tomado la decisión curricular de abordar este en la primera lección de enseñanza no como un contenido disciplinar sino como un aspecto clave para la comprensión conceptual. En dicha secuencia, otro de los aspectos fundamentales para lograr la comprensión de las ideas debe ser la integración entre el nivel de representación macroscópico con el submicroscópico, es decir, interpretar los fenómenos del mundo cotidiano a partir de un mundo submicroscópico basado en los modelos teóricos de ciencia. Vale la pena destacar, que para que los estudiantes comprendan el poder explicativo del modelo cinético molecular, lo primero que deben de hacer es internalizar las grandes ideas planteadas arriba; así pues, deberían de comprender que muchas de las propiedades macroscópicas de la materia son el resultado del re-arreglo y movimiento de las partículas. Desde luego, esto les permitiría comprender los cambios físicos y químicos que tanta dificultad les ha costado comprender a los estudiantes. Ahora bien, para lograr la construcción conceptual de los conceptos, ideas y esquemas conceptuales, hemos utilizado, el modelo de diseño del grupo Leeds, el cual, es lo suficientemente potente ya que nos permite introducir, usar y transferir el modelo corpuscular para explicar las propiedades y procesos de cambio físico y químico. De hecho, en el documento del Design Brief en la sección No. 3 se ve reflejada la estructura lógica que facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje. De ahí, que un conjunto de estrategias pedagógicas serán tenidas en cuenta en el desarrollo del Worked Example con el propósito de alcanzar los objetivos de enseñanza del tópico.

En el siguiente apartado, explicitaremos cada uno de estos objetivos de enseñanza con su respectiva estrategia pedagógica, quienes orientarán de manera manifiesta y coherente el diseño de cada una de las actividades de aprendizaje del tópico en consideración.

SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS (en un nivel de detalle de grano grueso a grano fino)

En este apartado se ha realizado una selección y justificación cuidadosa de las estrategias pedagógicas específicas a las ciencias, las cuales servirán para andamiar el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada en los estudiantes acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Dichas estrategias están alineadas con los marcos teóricos y metodológicos del Modelo de Leeds como de la literatura acerca de la pedagogía en ciencias (Abell et al., 2010) y fueron seleccionadas acorde con las demandas de aprendizaje y objetivos de enseñanza formulados en la sección 3. A continuación, se especifica cada una de ellas en un nivel de grano grueso y en el Worked Example, se hace una descripción de éstas en un nivel de grano fino para contribuir con el establecimiento de un lenguaje común y la gran idea de la naturaleza corpuscular de la materia:

1. El POE (Predecir, Observar y Explicar fenómenos o situaciones del mundo físico).
2. La construcción de modelos teóricos de ciencias.
3. Prácticas científicas.
4. Situaciones problemas contextualizadas.
5. Organizadores previos.
6. Simulaciones
7. Uso de imágenes o ilustraciones.

Estrategias pedagógicas	Justificación argumentada de las estrategias pedagógicas
El POE (Predecir, Observar y Explicar) fenómenos o situaciones del mundo físico, Gunstone y White, 1981)	El POE es considerado una estrategia pedagógica, ya que, ésta permite conocer que tanto comprenden los estudiantes acerca de un tópico específico de las ciencias. Su metodología ha demostrado ser valiosa para alcanzar el cambio conceptual al movilizar las concepciones alternativas que tienen los estudiantes. Así pues, esta ha sido seleccionada con el propósito de que los estudiantes se vean involucrados ante tres tareas claves: 1. planteen y justifiquen las predicciones acerca de los resultados de un experimento o a un interrogante planteado por el profesor o por el mismo; 2. Observar detalladamente lo que sucede y registrar éstas en sus informes por escrito y 3. Explicar el fenómeno o situación problematizante para reconciliar cualquier conflicto, dificultad u inconsistencia entre sus predicciones y las observaciones realizadas. Adicionalmente, estas tres fases cuentan con un enorme potencial meta-cognitivo dado que éstas buscan incidir en sus ideas cotidianas sobre las grandes ideas y los conceptos científicos asociados al núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia como en que los estudiante comprendan la naturaleza del conocimiento científico. Así, La ejemplificación elaborada en el Worked Example de la idea de discontinuidad de la materia permitirá afianzar el

	establecimiento de un lenguaje formal entre profesor y estudiantes al tiempo que para empezar el desarrollo del esquema de interacción sistémica y la conservación de la materia como conocimientos prerequisites para el apalancamiento del esquema de la conservación de propiedades no observables.
MODELIZACIÓN	Tanto la ciencia como la educación en química son dos disciplinas que a lo largo de su historia han utilizado los modelos teóricos para propósitos específicos. La primera para dar explicaciones a los fenómenos naturales y, la segunda, como un instrumento curricular que permita andamiar el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de un tópico específico. De ahí, que los modelos teóricos hayan sido un objeto de investigación de gran interés para la comunidad de investigadores en educación en química, ya que, este instrumento epistémico quizás ejerce una fuerte influencia en la enseñanza y aprendizaje de dicha disciplina. Nuestra propuesta le asigna a los modelos la función de ser dispositivos que permiten que los estudiantes elaboren conocimiento (Davis y Hersh, 1988, Devlin, 1994). En este diseño de SEA, la finalidad de la modelización como estrategia pedagógica es la de introducir y usar las cinco grandes ideas sobre la discontinuidad de la materia a través de las cuales se logrará describir y explicar las propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases, los procesos de cambio físico y químico de la materia y, el desarrollo de los esquemas conceptuales de la química. Para ello, el profesor diseñador a lo largo de todo el Worked Example, ha seleccionado actividades de aprendizaje que promueven gradualmente esta actividad (ej., la caja hipotética; el cloruro de sodio); En este sentido, el conjunto de tareas diseñadas transitarán gradualmente entre los procesos de nivel macroscópico, ya que, las demandas de aprendizaje y los objetivos de enseñanza están focalizados en la construcción, uso y aplicación de modelos descriptivos, explicativos y representativos en donde se generan oportunidades para el establecimiento de relaciones conceptuales y el desarrollo de los esquemas conceptuales de la química. Esta estrategia servirá potencialmente para introducir al plano social del aula la descripción y conceptualización de propiedades extrínsecas e intrínsecas, los estados de agregación y los cambios de estado físico y químico de la materia. Así pues, este dispositivo cognitivo se convertirá en el punto de partida que facilitará una mejor comprensión de las cinco grandes ideas, los esquemas conceptuales y la integración de los niveles de representación de la materia.
PRÁCTICAS CIENTÍFICAS	El conjunto de lecciones que configuran la estructura lógica del Design Brief y el Worked Example se caracteriza por tener secuenciadas pocas ideas claves junto con sus respectivas prácticas científicas. Se destaca, que estos dos aspectos están contextualizados a partir de interrogantes orientadores que provienen de situaciones de la vida real, con el fin de comprometer y generar la necesidad de aprender de los estudiantes. En este sentido, las prácticas científicas son consideradas por los investigadores en educación en ciencias como el proceso

	de indagación que implica tanto el desempeño del trabajo científico, como la comprensión del meta-conocimiento que explica por qué una práctica científica funciona de la forma que lo hace. Así, dichas prácticas son formas específicas donde los estudiantes utilizan el conocimiento significativamente, en lugar de memorizar mecánicamente una serie de hechos o resolver de manera algorítmica un conjunto de ejercicios. Por tanto, aprender estas prácticas resulta ser esencial si los estudiantes están comprendiendo las ciencias como una forma de conocer y no precisamente como una serie de hechos (Shwartz, Weizman, Fortus, Krajcik y Reiser, 2008; NRC, 2012). Tomando en cuenta estas asunciones se decidió implementar a lo largo del conjunto de lecciones que estructuran esta secuencia de enseñanza y aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, las siguientes prácticas científicas: modelar; plantear hipótesis; explicar bajo la evidencia empírica; diseño de experimentos; recoger, organizar e interpretar datos, entre otros.
PLANTEAMIENTO DE SITUACIONES PROBLEMA CONTEXTUALIZADAS	Abrir la lección con un problema o situación problematizante que permita contextualizar las grandes ideas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, los esquemas conceptuales de la química, las prácticas científicas y niveles de representación. Así pues, esta estrategia le brindaría al estudiante la oportunidad de vincular significativamente el conocimiento nuevo con el que ya posee, con la intención de comenzar percibir las nuevas representaciones de los fenómenos naturales de manera inteligible, plausible y fructífera. Las situaciones problema que han sido construidas en este diseño de SEA son: Caño Cristal: el río de los cinco colores.
ORGANIZADORES PREVIOS	Éstos permitirán establecer un puente cognitivo entre el conocimiento existente a cerca de algunas ideas y conceptos que son prerequisites para alcanzar la comprensión de los núcleos y desarrollar los esquemas conceptuales de la química. Se espera a partir de su uso, favorecer en los estudiantes una evolución de sus modelos intuitivos por unos más sofisticados el lenguaje social científico acerca de la gran idea de la naturaleza corpuscular de la materia. En consecuencia, los organizadores previos que han sido introducidos en estas dos lecciones describen el meta-sistema como también, algunos fenómenos macroscópicos: El meta-sistema que fundamenta el aprendizaje de los conceptos de la química y permite el desarrollo de los esquemas de pensamiento formal en los estudiantes; los tres niveles de representación o el lenguaje multinivel de la química; Un modelo del concepto de modelo: ¿Qué hay dentro del sistema caja?; ¿Qué hay al interior de un sólido, un líquido y un gas?; Los otros: la niebla que no moja.
SIMULACIONES	En las últimas décadas las tecnologías de la información y la comunicación se han convertido en objeto de investigación del campo de la educación en ciencias. Así pues, los investigadores han estado interesados por indagar cómo estas herramientas tecnológicas y digitales podrían influir en la enseñanza y el aprendizaje de los tópicos de las ciencias. En este sentido, se han generado una multiplicidad de recursos digitales, entre los que encontramos las simulaciones, las cuales pueden ser transformadas en herramientas cognitivas en el momento que el diseñador las ajusta a las demandas de aprendizaje, y

	objetivos de enseñanza de un nivel de escolaridad particular. Desde luego, que estas investigaciones han dejado ver que las herramientas cognitivas provenientes de los artefactos de las simulaciones juegan un papel clave a lo largo del aprendizaje de un tópico específico, ya que, éstas representan un fenómeno natural tanto a nivel macroscópico como submicroscópico y, de esta forma se andamia el proceso de diferenciación e integración de los niveles de representación de las ciencias.
LAS IMÁGENES o ILUSTRACIONES	La utilización, consciente o inconsciente, de las herramientas gráficas como expresión de ideas por parte del profesor suele ser algo usual en las actividades de enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Las aulas suelen ser un escenario donde el profesor hace uso de esta diversidad de medios de expresión, tales como, tablas con formato discontinuo para establecer relaciones, comparaciones y diferenciar e integrar los tres niveles de representación de la química. Adicionalmente, las representaciones de las ideas científicas mediante representaciones iconográficas o símbolos analógicos también son aspectos esenciales para apoyar la comprensión de los conceptos e ideas científicas que soportan el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. No obstante, en este diseño de SEA hemos usado básicamente los principios de funcionalidad de las ilustraciones y el criterio de relación con el texto. En este sentido, se han utilizado ilustraciones de tipo inoperantes, que no aportan ningún elemento utilizable, sin embargo, son útiles para visibilizar y apoyar al estudiante en la representación macroscópica de los fenómenos cotidianos en estudio (i.e. fotografías que permiten al profesor introducir o anticipar la historia científica que va a ser introducida en el plano social del aula). En algunos momentos se usaron ilustraciones como hipertextos con la intención de identificar el momento para desarrollar una práctica experimental; y otras, de tipo operativas elementales, las cuales, contenían elementos de representación universal (uso del nivel de simbólico para representar las características y naturaleza de las partículas elementales) (Perales y Jiménez, 2002). En cuanto al criterio de relación con el texto se destacan las ilustraciones nominativas que incluyen palabras que identifican los elementos que configuran un tópico en particular (i.e. el meta-sistema de la química, el triángulo del lenguaje multinivel). Finalmente, se destacan dentro de este criterio las imágenes tipo sinóptico que fueron utilizadas para representar el tipo de interacción comunicativa a ser utilizado por profesor y estudiante. En ellas se expresa la relación entre imagen y el texto relacionado (ver tablas que explicitan el tipo de interacción discursiva en el Worked Example).

Guía para los profesores “El Worked Example”	Este estudio consistió en el diseño de una SEA acerca del núcleo de la discontinuidad de la materia en el que se desarrolló un Worked Example como la herramienta epistémica que orienta al profesor y los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. De ahí, que este instrumento se obtiene como el resultado final de todo un proceso de investigación educativa en el que se utilizó para su diseño el modelo del Grupo Leeds. En consecuencia, éste será presentado como documento escrito que puede ser distribuido en papel, en formato digital o a través de medios electrónicos. La intención es que éste se convierta en un instrumento público para que diseñadores y profesores examinen la racionalidad del diseño y, se destaquen las actividades de aprendizaje del tópico en consideración. De hecho, la intención de éste es lograr maximizar la probabilidad de que la enseñanza se realice de manera consistente con las intenciones de diseño del investigador, y, el conocimiento profesional de los profesores. La guía presenta los siguientes aspectos o características de diseño: • Principios de diseño orientadores. Estos se encuentran descritos al inicio del Worked Example y describen en forma general el qué, el cómo, el con qué enseñar, aprender y evaluar un tópico específico. Dichos principios se presentan junto con la secuencia de actividades de enseñanza y aprendizaje con el propósito de que los profesores se familiaricen con la lógica del diseño, al mismo tiempo que se preparen para la enseñanza de dichos tópicos en el aula de clases. • El tipo de interacción dialógica o enfoque comunicativo. Este aspecto de la enseñanza orienta al profesor en la manera de administrar el tipo de comunicación que se abordará para gestionar el aprendizaje de los estudiantes. Se destaca a través del uso de diferentes iconos, los cuales, representan los cuatro tipos de interacción dialógica (Interactivo Dialógico; -No interactivo –Dialógico, Interactivo- de Autoridad y No interactivo-de Autoridad). • Una descripción de cada una de las actividades de enseñanza-aprendizaje y del cómo enseñar la idea de la naturaleza corpuscular, los esquemas conceptuales y el lenguaje multinivel de la química. Esto se hace, ya que es muy probable que los profesores que van a implementar la enseñanza cuenten con un conocimiento del contenido pedagógico limitado. Por ello, se incorporan en cada una de las actividades de enseñanza los respectivos comentarios acerca de cuáles serían las preguntas más eficaces para promover la comprensión conceptual e integrada del tópico en consideración, así como, las formas para superar las dificultades más comunes que se le presentan a los estudiantes cuando se introducen en el aula las ideas y conceptos científicos. Por razones de espacio, el Worked Example se sitúa como anexo 1 en el estudio (p.210)
--	--

CONCLUSIONES, APORTES Y RECOMENDACIONES FINALES

En las últimas décadas en el campo de la educación en ciencias se ha generado una nueva metodología de investigación basada en los estudios del diseño. Desde luego, que su fin central es ayudar a superar la ruptura existente entre la teoría producida por los eruditos y los procesos de diseño de entornos de enseñanza/ aprendizaje de un tópico específico, entre ellos la SEA, ya que, como lo afirman estos marcos teóricos el proceso de diseño ha sido más ampliamente informado por el conocimiento tácito de los profesores de ciencias (Ruthven et al., 2009). En este sentido, los estudios de diseño de manera general y las secuencias de enseñanza y aprendizaje de forma particular, son además, consideradas como metodologías de investigación cuyos productos de diseño u artefactos⁷⁸ están fundamentados por una serie de marcos teóricos de tamaño de grano grueso y grano fino, es decir, que éstos tienen la doble naturaleza, por un lado, ser un material curricular de diseño y por el otro, una teoría basada en contextos naturalísticos.

Por tanto, el diseño de contenidos específicos de las ciencias debe de articular las perspectivas teóricas acerca de la enseñanza y aprendizaje de dominio específicos con el conocimiento profesional de los profesores de química. Sin embargo, este proceso no resulta ser sencillo, por el contrario, éste es considerado un acto complejo dado que el diseñador o profesor debe tener en cuenta los tres elementos del triángulo didáctico –el conocimiento disciplinar, el aprendizaje, la enseñanza- sin dejar de lado, el contexto. Es decir, la institución en la cual las actividades de enseñanza-aprendizaje se llevarán a cabo y los artefactos por los cuales éstas son mediadas.

Desde este punto de vista, la toma de decisiones curriculares e instruccionales tendrá que estar informada por marcos teóricos provenientes de la investigación y por los documentos que recogen las políticas educativas en educación en ciencias (ej., Estándares y lineamientos nacionales en Educación en Ciencias), con el fin de formular y representar un currículum

⁷⁸En este estudio se consideran artefactos de diseño a los instrumentos del Design Brief y el Worked Example.

donde las demandas de aprendizaje, los objetivos de enseñanza y resultados de aprendizaje, las estrategias instruccionales, los materiales curriculares y la evaluación, estén alineados dentro y a lo largo de los grados, es decir, que el artefacto producto de la actividad del diseño debe de tener una coherencia intra e intercurricular. Naturalmente, que el marco teórico que encarna el diseño curricular puede ser ajustado por los profesores de ciencias a un contexto particular de enseñanza con el propósito deliberado de asistir a unos estudiantes singulares para que logren un aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de los tópicos de esta disciplina.

En este sentido, el diseño de la Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia para el grado noveno de la Institución Educativa (Estudiantes en edades entre 14 y 16 años de edad), ha generado un marco teórico que recoge las decisiones curriculares e instruccionales llevadas por el diseñador. Estas se encuentran encarnadas en la herramienta del Design Brief y son ellas, quienes delinean la construcción de una serie de materiales curriculares como el Worked Example⁷⁹. Así pues, la interacción bidireccional de estos dos instrumentos epistémicos configuran el modelo de la SEA del núcleo conceptual en cuestión. Consecuentemente, podemos afirmar que un factor importante durante el diseño de la enseñanza de un núcleo conceptual hace referencia a que el Design Brief y el Worked Example tienen un desarrollo subsidiario que especificaremos más adelante.

El diseño del Design Brief

La herramienta del Design Brief estuvo configurada por las siguientes cuatro secciones: el contexto; análisis del contenido a enseñar; objetivos de enseñanza y la selección, secuenciación del contenido y estrategias pedagógicas. Así, para documentar y representar cada una de estas secciones se utilizó la técnica del análisis de contenido. Para ello, se diseñó una rejilla con sus respectivas categorías (ver metodología), con el fin, de llevar a cabo una

⁷⁹ En este estudio por razones de espacio solo se presenta el Design Brief, en el cuerpo del documento. Por tanto, el Worked Example se ubicó en el anexo No1.

lectura sistemática, selectiva y más profunda, tanto a los documentos provenientes de la investigación sobre el aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia como a los documentos que recogen las políticas educativas en educación en ciencias en el territorio colombiano y los elaborados a nivel de la institución educativa bajo consideración.

Para diseñar la sección del contexto se utilizaron las siguientes unidades de análisis de muestreo: lineamientos curriculares, estándares básicos por competencias, libros de educación en ciencias, textos escolares, Proyecto Educativo Institucional (PEI) y el currículum alternativo en ciencias. El análisis de contenido de estos documentos permitió elicitar las principales características y antecedentes culturales de los diferentes agentes educativos, con el fin, de contextualizar el diseño de la SEA de un tópico específico. Por ejemplo, dicha tarea de diseño brindó la oportunidad de conocer elementos contextuales como: las fortalezas y debilidades de las bases del conocimiento⁸⁰ para la enseñanza con las que los profesores de la institución Educativa asumen la planeación, enseñanza y reflexión post-lección del núcleo de la discontinuidad de la materia; la serie de materiales curriculares; la estructura curricular del área de ciencias a nivel vertical y horizontal; el currículum en ciencias prescripto por las políticas educativas; los antecedentes socioculturales de los estudiantes; los propósitos de la educación en ciencias a nivel nacional y local; entre otros. En este sentido, esta tarea de contextualización generó una teoría naturalística que les permite a los profesores de química de la institución tomar decisiones de diseño que estén en coherencia con los atributos de la población educativa.

La sección del Design Brief que hace referencia al análisis de contenido es considerada por los diseñadores de las SEA's como el corazón de este artefacto epistémico. Desde luego, ésta encarna la toma de decisiones curriculares e instruccionales que orienta la enseñanza y el aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Así, estas decisiones se llevaron a cabo apoyadas, tanto por la investigación acerca de cómo los estudiantes de

⁸⁰ En este estudio se asumen como bases del conocimiento para la enseñanza las siguientes: conocimiento del tema de la materia; conocimiento de la pedagogía general; conocimiento pedagógico del contenido y; conocimiento del contexto.

manera general logran alcanzar un aprendizaje por comprensión conceptual e integrada del núcleo conceptual en cuestión, como por la sabiduría que le ha otorgado la experiencia al diseñador.

En este sentido, se elicitaban desde los textos universitarios como escolares las grandes ideas y prácticas científicas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. De hecho, estas ideas tienen un alto poder explicativo de muchos de los fenómenos químicos, además forman un bloque epistémico el cual sirve para apalancar el aprendizaje tanto de la mayoría de los tópicos de la química como de la biología.

Luego, de dicha tarea de diseño se analizó la literatura acerca de las concepciones alternativas de las grandes ideas de la discontinuidad de la materia con las que llegan los estudiantes al aula y, las diversas dificultades que se presentan durante la enseñanza y el aprendizaje de dichas ideas. Por ejemplo, se evidenció que una de las concepciones intuitivas más recurrente en los estudiantes es aquella en la que interpretan el mundo submicroscópico a partir del macroscópico, situación que hace que le asignen a los modelos teóricos propiedades del nivel de representación macroscópico. Es decir, a lo largo de su escolaridad ellos sustancializan las representaciones submicroscópicas.

Adicionalmente, este análisis de contenido permitió ver que la enseñanza y aprendizaje de las grandes ideas del núcleo en cuestión, requieren del desarrollo de los esquemas conceptuales de las ciencias que subyacen a éstas (Pozo y Crespo, 1998). Además, de la diferenciación e integración de los tres niveles de representación con el propósito de que durante el acto instruccional los estudiantes no sobrecarguen la memoria de trabajo en el momento en que el profesor se mueve de un nivel de representación a otro y, de esta forma lograr vincular el conocimiento nuevo con el viejo, con el fin, de alcanzar un aprendizaje por comprensión conceptual e integrada.

La comparación constante entre los anteriores presupuestos brindó la oportunidad para diseñar una serie de demandas de aprendizaje que fueran apropiadas a la edad y a los

antecedentes socioculturales de los estudiantes. Desde luego, que esta decisión de diseño posibilitó formular unas demandas de aprendizaje que estuvieron informadas tanto por la disciplina como por la investigación de cómo se enseña y aprende el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Así pues, éstas representan las metas de aprendizaje como: grandes ideas de la discontinuidad; prácticas científicas del modelado y la explicación a partir de la evidencia; desarrollo de los esquemas conceptuales de la química; diferenciación e integración de los niveles de representación y; las competencias lingüísticas.

Naturalmente, las demandas de aprendizaje permitieron diseñar una serie de objetivos de enseñanza acerca del núcleo de la discontinuidad de la materia, que encarnan los elementos curriculares arriba mencionados. De hecho, estos objetivos direccionan la construcción de las diferentes estrategias pedagógicas que permiten representar las grandes ideas y prácticas científicas que configuran el núcleo de la discontinuidad de la materia.

El análisis de contenido a nivel de detalle de grano grueso a los documentos de la literatura basada en la investigación, brindó la oportunidad para construir el marco teórico que fundamenta la cuarta sección del instrumento Design Brief: *Secuenciación del contenido y selección de estrategias pedagógicas*. Esta sección consta de tres aspectos: En éste se pudo ver claramente uno de los modelos de enseñanza más notable de la instrucción de las ciencias, el ciclo de aprendizaje. Así pues, este modelo consta de las siguientes fases: (a) puesta en escena de la historia científica, en éste la serie de actividades de aprendizaje le brindan la oportunidad al estudiante para que explice sus concepciones alternativas; (b) apoyo a la internalización de la historia científica, en esta fase el conjunto de actividades de aprendizaje le permiten al aprendiz que sus concepciones alternativas de un tópico evolucionen de manera progresiva hacia un pensamiento más elaborado; y (c) traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante, aquí la serie de tareas de aprendizaje sirve para que el estudiante utilice de manera consciente los conocimientos y prácticas científicas desarrolladas para darle sentido a los fenómenos químicos en otros contextos.

Otra decisión de diseño a nivel de grano grueso que jugó un papel clave para formular y representar la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia a unos estudiantes singulares, la cual fue explicitada en la cuarta sección son las siguientes estrategias pedagógicas: Situaciones problemas contextualizadas; POE (predecir, observar y explicar); modelización; prácticas científicas; uso de ilustraciones y gráficos; y simulaciones. Desde luego, la investigación sobre el aprendizaje de las ciencias ha mostrado que esta serie de estrategias andamian el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada en los estudiantes de la escuela secundaria. De ahí que, se haya considerado una herramienta de diseño útil para que los aprendices del grado noveno de la Institución Educativa internalicen las grandes ideas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.

Por tanto, estas decisiones curriculares e instruccionales que se recogen en el artefacto del Design Brief permitieron el diseño del currículum para la enseñanza de la discontinuidad de la materia. Éste deja evidenciar la coherencia entre elementos curriculares como: demandas de aprendizaje, objetivos de enseñanza; actividades de aprendizaje, estrategias de enseñanza y de evaluación. Así pues, el principio de diseño de la coherencia que subyace a este artefacto curricular les brinda la oportunidad a los estudiantes de poder lograr un aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de las grandes ideas que estructuran el núcleo en cuestión y adicionalmente, trata de impedir la fragmentación del currículum de la química.

El análisis de contenido también permitió llevar a cabo una toma de decisiones curriculares a nivel de detalle de grano fino. Es decir, en coherencia con las demandas de aprendizaje, los objetivos de enseñanza y las estrategias pedagógicas se tomó la decisión de seleccionar y secuenciar las cinco grandes ideas que configuran el núcleo de la discontinuidad de la materia. En este sentido, éstas se organizaron tomando en cuenta que la primera idea en ser abordada durante la enseñanza serviría de apoyo para continuar aprendiendo las otras grandes ideas. Adicionalmente, la serie de tareas de aprendizaje que hacen parte del Worked Example se focalizan en el desarrollo de una de las ideas, sin embargo, estas tareas también permiten tratar de manera simultánea las otras grandes ideas que fueron abordadas en un nivel de

complejidad menor a lo largo de todas las actividades de enseñanza-aprendizaje del tópico (modelo en espiral).

En conjunción con la anterior toma de decisiones está el aspecto del diseño donde la secuenciación de las grandes ideas, viene fundamentada por los esquemas conceptuales de la química y, el proceso de diferenciación e integración de los tres niveles de representación de las ciencias. Por tanto, la interacción sinérgica de la secuencia de las grandes ideas con los anteriores dos elementos, le brindaría la oportunidad al estudiante de alcanzar una comprensión conceptual e integrada de la discontinuidad de la materia, núcleo clave para seguir aprendiendo los diferentes tópicos del currículum de la química y de otras disciplinas de las ciencias.

En la línea de los estudios de diseño bajo el Modelo del Grupo Leeds, se destaca que el cuerpo de conocimiento del instrumento del Design Brief, es el marco teórico que ilumina la construcción de la serie de Worked Example, los cuales estructuran la enseñanza del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Es decir, el diseñador o el maestro toma como punto de referencia el cuerpo de conocimientos que subyace a este instrumento para diseñar el conjunto de actividades de aprendizaje que direccionarían el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de las grandes ideas del núcleo en cuestión. Por ejemplo, ellos tomaran en cuenta las demandas de aprendizaje, los objetivos de enseñanza, las estrategias pedagógicas, las dificultades y concepciones alternativas de los estudiantes, el enfoque comunicativo, además de los elementos contextuales con el fin de diseñar actividades concretas para aprender un tópico específico. Por consiguiente, consideramos que al elaborar el Design Brief se incrementa el conocimiento pedagógico del contenido (CPC) del profesor o diseñador.

El diseño del Worked Example

Como lo ha expresado la comunidad de investigadores del diseño, hasta hace apenas unas décadas, resultaba difícil articular las teorías de enseñanza provenientes del diseño de tópicos

específicos con el diseño de ambientes de aprendizaje, con el fin de lograr una alineación entre los elementos del currículum, la instrucción y la evaluación. Fue así, como el grupo Leeds para tratar de superar dicha problemática desarrolló el modelo de diseño de la enseñanza (Ametller et al., 2007; Leach et al., 2007; Scott et al., 2006), cuyo eje central es el instrumento de “Design Brief” el cual encarna la teoría generada a lo largo del diseño de la enseñanza de un tópico específico y direcciona la construcción de los Worked Examples de un contenido científico específico.

Así pues, este estudio ha tenido como propósito central el de diseñar un artefacto curricular como el Design Brief, que orientaría desde una perspectiva epistémica el diseño de un conjunto de Worked Examples, los cuales direccionarían la enseñanza de las cinco grandes ideas en las que se ha dividido el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia bajo un modelo de instrucción de corte constructivista sociocultural. Naturalmente, que el Design Brief y los Worked Examples de este estudio, los fundamentan las siguientes bases del conocimiento: conocimiento de la química; conocimiento de la pedagogía general; conocimiento pedagógico del contenido; conocimiento del contexto; conocimiento del aprendiz y del aprendizaje; conocimiento del currículum, entre otras, además de la sabiduría que le otorga la experiencia al diseñador. Vale la pena destacar, que este instrumento de diseño, también, han considerado elementos teóricos como los tres niveles de representación, los esquemas conceptuales y el tipo de discurso que se desarrollará en el aula de química para maximizar la comprensión conceptual de dicho núcleo en los estudiantes de grado noveno de secundaria.

Por lo tanto, este estudio deja ver que el Design Brief sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia permitirá establecer y comunicar los resultados sobre el diseño y contribuirá más adelante al desarrollo del ciclo iterativo de implementación y evaluación del diseño, de manera, que éste se vuelva más robusto, permitiendo a los investigadores y diseñadores extraer explícitamente los hallazgos del trabajo de los demás. De esta manera, los diferentes grupos de investigación podrán recurrir a los resultados que arroje este estudio

de diseño para fundamentar, construir y evaluar los suyos. De lo contrario, al estudiar el contexto singular consideren pertinente simplemente juzgar sus aciertos, debilidades y limitaciones. Adicionalmente, este instrumento iluminó el diseño de una serie de actividades de aprendizaje que abordan el desarrollo de una de las cinco grandes ideas del núcleo conceptual bajo consideración, la naturaleza corpuscular de la materia; cuyo propósito central, es andamiar el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de esta idea. Por tanto, estas actividades configuran uno de los Worked Examples que se generan desde el Design Brief, y que en conjunción con este instrumento van a constituir lo que esta comunidad de práctica a denominado Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje de un tópico específico (SEA).

En este sentido, el “Worked Example” es considerado por los educadores de profesores como el puente que logra conectar la teoría educativa con el conocimiento profesional del profesor de química, dado que la teoría que encarna al Design Brief del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia se materializa en el Worked Example que aborda las ideas en las que se ha secuenciado el núcleo conceptual en cuestión. Así pues, el Worked Example de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia es considerado como un material curricular que apoyaría a los profesores de la institución educativa para la cual fue diseñada, para que amplíen su conocimiento profesional acerca del tópico y logren tomar decisiones más conscientes, explícitas e informadas y al mismo tiempo, para que los estudiantes extiendan su comprensión de cada una de las grandes ideas del núcleo de la discontinuidad de la materia bajo consideración.

Finalmente, el Worked Example se convierte en el instrumento epistémico a través del cual el profesor direcciona y asiste a los estudiantes en el proceso de internalización o comprensión conceptual del conocimiento científico. Naturalmente, éste recoge una serie de actividades de aprendizaje sistemáticamente secuenciadas y temporalizadas. Además, presenta una coherencia intra e inter-unidad dentro y a lo largo de los grados, con el fin de andamiar el aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Desde

luego, que el diseño de este instrumento curricular estuvo iluminado por una serie de principios de diseño que provienen del consenso establecido por las diferentes grupos de investigadores en dicha línea como por el conocimiento profesional del diseñador o profesor.

Ahora bien, a lo largo del diseño del Worked Example llevado a cabo en este estudio se tuvo muy en cuenta la necesidad de que los estudiantes crearan modelos interpretativos que fuesen el resultado de un proceso consensuado del grupo clase. Es decir, que la práctica de modelización fue considerada como una intención de diseño clave para el investigador y por tanto, ésta se vio reflejada en cada una de las actividades de enseñanza-aprendizaje planteadas para las dos lecciones.

Teniendo en cuenta, los marcos teóricos que sustentan el diseño y el estudio de SEA desde las diversas tradiciones y, especialmente desde el Grupo Leeds se ha podido afirmar que la efectividad de una SEA no solo radica en la secuencia de las tareas, sino, que reconoce y atribuye al rol del profesor un papel central en el proceso de diseño. Esto se debe al valor que se le asigna a la puesta en escena o andamiaje de cada una de las actividades y tareas de enseñanza-aprendizaje elaboradas según las intenciones que el mismo diseñador se ha propuesto alcanzar. Así, ellos consideran que toda mejora en la comprensión de la SEA es posible que llegue a ser más fructífera, si los resultados de aprendizaje de los tópicos alcanzados por los estudiantes son en consecuencia, los esperados por los diseñadores.

Naturalmente, a lo largo del desarrollo de esta investigación de diseño de SEA sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia se ha tratado de superar esta ruptura. De hecho, en este estudio se ha planteado la necesidad de que el profesor asuma el rol crítico de ser “profesor diseñador” de sus propias SEA’s de tópicos específicos. En este sentido, se cree que hemos tratado de superar uno de los problemas más frecuentes en este tipo de estudios de diseño: “que las decisiones de diseño planteadas por el diseñador sean consideradas por los profesores durante la implementación de la SEA en el aula”.

Asimismo, a partir de los múltiples trabajos de investigación y artículos de reflexión teórica indagados en la línea de los estudios de diseño en las diferentes tradiciones, se ha podido inferir que el diseño debe tener en cuenta el análisis del contexto. Es decir, el estudio de las variables contextuales (currículo, estudiantes, profesor y limitaciones institucionales) en donde se implementaría la SEA. Por tanto, éste es un factor determinante para garantizar la eficacia de la enseñanza y el aprendizaje de los tópicos del currículo de las ciencias.

Adicionalmente, este estudio ha contribuido a la línea de estudios de diseño de SEA sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia en el contexto local por algunas razones claves. En primer lugar, por la falta de diseño de materiales curriculares bajo el enfoque de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje que asumieran una perspectiva constructivista sociocultural y un modelo de diseño desde la tradición Inglesa (Modelo de Leeds). En este sentido, se obtuvo como productos de diseño: un Design Brief que recogió todos los aspectos de diseño claves para maximizar la enseñanza y el aprendizaje de un tópico concreto, resultando un trabajo arduo de investigación del contexto; análisis del contenido (selección de las ideas claves); secuenciación de las grandes ideas en que se dividió el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia y los principales conceptos asociados a éste.

Asimismo, se llevó a cabo un estudio detallado y minucioso de selección de las principales concepciones alternativas, dificultades y obstáculos con los que cuentan los estudiantes acerca del tópico. Así, se pudo establecer una comparación entre ambos lenguajes sociales, a partir del cual se revelarían en primer lugar, las principales demandas de aprendizaje de los estudiantes sobre el tópico, y en segundo, cuáles eran los objetivos de enseñanza que debía plantearse el profesor para intentar superar éstas necesidades de conocimiento conceptual. Del mismo modo, se lograron identificar cuáles debían ser las estrategias pedagógicas más útiles para alcanzar los objetivos de enseñanza propuestos por el diseñador o profesor. De esta manera, se pudo establecer una coherencia a nivel de intra e intelección del currículo de la química.

En segundo lugar, hemos considerado que este estudio ha sido fructífero en articular los marcos teóricos y metodológicos provenientes de la investigación basada en el diseño a partir del modelo de diseño de la enseñanza (Amettler et al., 2007). Este le permite al diseñador o profesor orientar la toma de decisiones curriculares e instruccionales para el diseño de SEA en un contexto específico de enseñanza y aprendizaje. No obstante, este tipo de estudios requiere de un mayor cuerpo de conocimientos que oriente como traducir las intenciones de diseño en un formato enseñable (Worked Example), ya que, el Modelo de Leeds no es explícito en orientar a los diseñadores o profesores en la difícil tarea de diseñar situaciones de enseñanza y aprendizaje de un tópico específico. En consecuencia, el diseñador o profesor debe recurrir no solo a la literatura sobre como diseñar actividades de aprendizajes eficientes para promover el aprendizaje de los estudiantes; a su conocimiento profesional y creatividad propia; sino en cómo articular estos aspectos de manera lógica y consistente a cada una de las actividades.

En suma, para elaborar este último producto de diseño, recurrimos al análisis de una variedad de diseños de SEA's de las diversas tradiciones educativas, apoyándonos en disciplinas de referencia como la psicología, la pedagogía y la epistemología de las ciencias. Vale la pena resaltar, que cada uno de los vértices del triángulo didáctico anteriormente mencionados, se vinculan estrechamente con los dominios raíz de estos marco teóricos, respectivamente: aprendizaje vs psicología; enseñanza vs pedagogía y, conocimiento científico vs epistemología de las ciencias.

En efecto, la psicología cognitiva, permitió que el diseño de las actividades y tareas de enseñanza-aprendizaje estuviesen en dirección del aprendizaje por comprensión conceptual e integrada del currículo de la química. De hecho, al apropiarnos de los marcos teóricos sobre la enseñanza y el aprendizaje de la química (Pozo y Gómez Crespo, 1998, 2006) se pudo identificar cuáles eran las principales diferencias en la naturaleza epistemológica, ontológica y conceptual de los lenguajes sociales cotidiano y científico y de esta manera, construir un Worked Example que cubriera un amplio conjunto de necesidades, dificultades y obstáculos

que tienen que enfrentar los estudiantes para apropiarse de las ideas y conceptos científicos en que se secuenció el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Desde nuestro punto de vista, esta toma de decisiones curriculares e instruccionales podría garantizar la eficiencia de la SEA en el intento de mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

La pedagogía, aportó al esclarecimiento conceptual del diseñador y, en consecuencia a la selección crítica de las rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza más apropiados para maximizar la comprensión del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. En cuanto, al aporte de la epistemología de las ciencias al diseño de SEA, ésta se encuentra incorporada por Leach & Scott (2002) bajo el concepto de demanda de aprendizaje. De ahí, que se evidencie un intrincado análisis del contenido a ser enseñado (Sección 3 del Design Brief), a partir del cual, se seleccionaron y secuenciaron las cinco grandes ideas científicas y los conceptos circunscritos al núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Asimismo, el análisis de los estudios empíricos sobre las concepciones alternativas, dificultades y obstáculos de los estudiantes frente al tópico en consideración posibilitaron la selección consciente de éstas, y posteriormente, permitieron identificar y especificar tanto las demandas de aprendizaje que requieren los estudiantes como los objetivos de enseñanza a través de los cuales se pretende cubrir dichas necesidades de conocimiento. En efecto, todos estos elementos epistémicos estuvieron iluminados por esta herramienta de diseño bajo el modelo de Leeds.

Se puede afirmar que existe aún una distancia amplia entre los marcos teóricos que fundamentan el diseño de SEA's. En consecuencia, una de las intenciones de diseño haya sido que la toma de decisiones curriculares y de enseñanza por parte del diseñador se hiciera explícita. Desde nuestra perspectiva, consideramos que los marcos teóricos desempeñan dos roles complementarios, en primer lugar, impone ciertas restricciones al diseño y al mismo tiempo, sirve como un instrumento orientador. En este sentido, a medida que el diseño de SEA tenga que respetar los presupuestos del marco teórico, este marco actuaría como una restricción. Al mismo tiempo, estas restricciones conducen a la búsqueda de nuevos aspectos

del conocimiento, nuevas tareas que se proponen a los estudiantes, nuevas formas de organización de la clase. Por lo que el marco teórico pueden brindar sugerencias muy útiles para el desarrollo de la SEA.

Finalmente, se plantea el hecho de vincular la tarea de diseño al papel que cumple el profesor de ciencias. Así pues, a diferencia de las distintas tradiciones de diseño de SEA's en el mundo, en las que separan los roles de diseñador y profesor. En este trabajo se propone por el contrario, un rol dual, un profesor de ciencias que diseñe, implemente y evalúe en el aula de química la enseñanza y el aprendizaje de un tópico científico concreto a partir del apoyo de las políticas educativas y las instituciones educativas de nivel superior. A partir de esta situación se estaría acortando la brecha entre teoría educativa y la planificación de la enseñanza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abela, J. (2000). Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada. <http://public.centrodeestudiosandaluces.es/pdfs/5200103.pdf>. Consultado el 02 de septiembre de 2012.
- Abell, Appleton & Hanuscin (2010). Designing and Teaching the Elementary Science Methods Course. Routledge Taylor & Francis Group. New York and London.
- Albanese, A. & Vicentini, M. (1997). Why do we Believe that an Atom is Colourless? Reflections about the Teaching of the Particle Model, *Science & Educ.* 6, 251-261,
- Aliberás et al. (1989). La didáctica de las ciencias: una empresa racional. *Enseñanza de las ciencias*, 7 (3), pp. 277-284.
- Alzaghibi A. M., (2010). Instructional Design: Development, implementation and evaluation of a teaching sequence about plant nutrition in Saudi. Submitted in accordance with the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. The University of Leeds School of Education. July, 2010.
- Ametller J.; Leach, J. & Scott, P.; Lewis J.; Hind A. (2005). Utilizar los resultados de investigación en el diseño de secuencias didácticas. El proyecto EPSE (Evidence-informed Practice in Science Education). *Enseñanza de las ciencias*, 2005. Número extra. VII Congreso.
- Ametller Lleal, J.; Leach, J. & Scott, P. (2007). Using perspectives on subject learning to inform the design of subject teaching: an example from science education. *The Curriculum Journal*, 18 (4), 479-492.
- Ametller Lleal, J.; Leach, J. & Scott, P. (2009). Hacia un modelo de conexión entre la teoría y la practica en el aula para el diseño y la evaluación de la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, Numero Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, (ISSN 0212-4521). Barcelona, pp.2810-2815. [http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2810 2815.pdf](http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-2810%202815.pdf)
- Andersson, B. (1991). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.

Appleton, K. (1993). Using theory to guide practice: Teaching science from a constructivist perspective. *School Science and Mathematics*, 93, 269–274.

Artigue, M. (1992). Didactical Engineering. In, R. Douady & A. Mercier (eds.), *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Selected papers, pp. 41-70.

Artigue, M. (1992). Didactical design in Mathematics Education. To appear in C. Winsløw (ed.) *Nordic Research in Mathematics Education*. Proceedings of NORMA08. Sense Publ. (2009) Université Paris Diderot – Paris 7, France.

Ausubel, D.P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York, Grune and Stratton.

Bakhtin, M.M. (1981). *The dialogic imagination*, ed. by Michael Holquist, trans. by Caryl Emerson and Michael Holquist. (Austin: University of Texas Press).

Bakhtin, M.M. (1986) *Speech Genres & Other Late Essays*, ed. by Caryl Emerson and Michael Holquist, trans. by Vern W. McGee. Austin: University of Texas Press.

Bannan-Ritland, B. (2003). The Role of Design in Research: The Integrative Learning Design Framework. *Educational Researcher* January 2003 32 (1) 21-24.

Barab, S., & Squire, K. (2004). Introduction: Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14.

Barab, S. A. (2006). Design-Based Research: A methodological toolkit for the learning sciences. In K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 153-169). Cambridge: Cambridge University Press.

Barboux, M., Chomat, M., Larcher, C., Mehect, M., (1987). *Modele particulaire et activités de modélisation en classe de 4eme*. INRP-DPI- LIRESP UA 663.

Barker, V. (2000). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. A report prepared for the *Royal Society of Chemistry*, version electrónica, pp. 1-79.

Barrow, J. D. (2000). *The Book of Nothing*. Jonathan Cape, Londres (Trad.: *El libro de la nada*. Ed. Critica, Barcelona, 2001).

Baumgartner, E., Bell, P. Bell, Pl, Brophy, S., Hoadley, C., HIS, S., Joseph, D., Orrill, C., Puntambekar, S., Sandoval, W & Tabak, I. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 1 (32), 5-8.

Bell, P. Hoadley, C. M. and Linn, M. C. (2004). Design-based research in education. In M. C. Linn, E. A. Davis and P. Bell (Editors), *Internet environments for science education* (pp 73-85), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Benarroch, A. (2000). “El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia”, *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), pp. 235-246.

Benarroch, A. (2001). “Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia”, *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), pp. 123-134.

Ben-Zvi, R., Eylon, B. and Siberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *J. Chem. Educ.* 63[1], 64-66.

Bisquerra R. (1988). *Métodos de investigación educativa. Guía práctica*. Ediciones Ceac.

Bliss, J. (1995). Piaget and after: the case of learning. *Studies in Science Educacion*, 25, pp. 139-172.

Brock, W.H. (1992). *The fontana history of Chemistry*, Harper Collins Publishers. (Trad.: *Historia de la química*. Alianza Editorial, Madrid, 1998).

Brook, A., Briggs, H., & Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students' understanding of the particulate nature of matter*. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds.

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.

Brown, D. and Clement, J. (1991). Classroom teaching experiments in mechanics. In R. Duit, F. Goldberg and H. Niedderer (Editors): *Research in physics learning: theoretical and empirical studies*. Kiel, Germany: IPN.

Brown, S., & Abell, S. (2007). Examining the learning cycle. Perspectives. Research and tips to support Science Education. Science and Childrens.p.52-53.

Bruner, J. (1985). Vygotsky: A historical and conceptual perspective. In: J. Wertsch. (Ed.), *Culture, communication and cognition: Vygotskian Perspectives*. (pp. 21-34). Cambridge University Press, England.

Burkhardt, H. (2006). From design research to large-scale impact: engineering research in education. In Educational Design Research, edited by J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, and N. Nieveen, pp. 121-150. London: Routledge.

Buty, C., Tiberghien, A. & Le Marechal, J.F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26 (5), 579-604.

Caamaño, A. (2010). Didáctica de la física y química. *Formación del profesorado*. Educación secundaria. Editorial Graó: Barcelona. 5 Vol. II. ISBN: 84-920738-2-9.

Candela B. F. (2010). La captura, la documentación y la representación del CPC de un profesor experimentado y “ejemplar” acerca del núcleo conceptual de La discontinuidad de la materia.

Cakmakci G., and Aydogdu, C., (2010). *Designing and evaluating an evidence informed instruction in chemical kinetics*. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 2011, **12**, 15–28. This journal is © The Royal Society of Chemistry 2011. Downloaded on 24 January 2011. Published on <http://pubs.rsc.org>. doi:10.1039/C1RP90004H View Online.

Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Editor): *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Chi, M. T. H. Slotta, J. and deLeeuw, N. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43. DfEE (1999). *Science: The national curriculum for England and Wales*. London: QCA.

Clark C.M. & Yinger, R.J. (1979b). Three studies of Teacher Planning. Published by The Institute for Research on teaching 252 Erick Hall Michigan State University East Lansing, Michigan 48824. Paper presented to the American Educational Research Association, San Francisco, 1979. Editorial Staff. Research Series No. 55. pp 1-31.

CLIS (1987). *CLIS in the classroom: approaches to teaching*. Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. and Schauble, L. (2003). Design experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.

Cohen, D. K., Raudenbush, S. W., & Ball, D. L. (2003). Resources, instruction, and research. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 25(2), 119-142.

Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.

Confrey J. (2006). The Evolution of Design Studies as Methodology. *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. pp.135-152.

Couso D. (2010). Las secuencias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. Capítulo publicado en el libro “Didáctica de la física y química” A. Caamaño (Ed.). 2010. Editorial Grao: Barcelona. ISBN: 84-920738-2-9 (versión original completa disponible bajo demanda a la autora).

Cruz, J; Osuna M.E; Ortiz, J.I. (2008). Química general. *Un nuevo enfoque en la enseñanza de la Química*. Dirección General de Escuelas Preparatorias. Universidad Autónoma de Sinaloa. Ciudad Universitaria, Circuito Interior Ote. S/N Culiacán, Sinaloa, México D.F.

Davini, M. C. (2008). Métodos de enseñanza: didáctica general para maestros y profesores. La ed. Buenos Aires: Santillana.

De Corte E. (2009). Investigación basada en el diseño: un enfoque prometedor para cerrar la brecha entre la teoría y las prácticas educativas. Center for Instructional Psychology and Technology. Ponencia magistral para el X Congreso Mexicano de Investigación Educativa. Universidad de Lovaina, Bélgica. Veracruz, Septiembre 21-26, 2009.

Dede, C. (2004). If design-based research is the answer, what is the question? A commentary on Collins, Joseph, and Bielaczyc; Disessa and Cobb; and Fishman, Marx, Blumenthal, Krajcik, and Soloway in the JLS special issue on design-based research. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 105-114.

De Pro, A. (1999). Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 1999, 17 (3), 411-429.

Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: *An emerging paradigm for educational enquiry*. Educational Researcher, 32 (1), 5-8.

diSessa, A. A. & Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 77-103.

Dominguez, M. Y Furió, C. (2009). Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y reacción química en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 596-601
<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-596-601.pdf>

Doran, R. L. (1972). Misconceptions of selected science concepts held by elementary school students. *Journal of Research in Science teaching*, 9(2), 127-137.

Doyle, W. (Summer 1983). Academic Work. *Review of Educational Research* , 53 (2), 159-199.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. & Scott, P. (1994a). 'Constructing Scientific Knowledge in the Classroom', *Educational Researcher* 23(7), 5-12.

Driver, R., Leach, J., Scott, P. and Wood-Robinson, C. (1994b). Young people's understanding of science concepts: implications of cross-age studies for curriculum planning. *Studies in Science Education*, 24, 75-100.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. and Wood-Robinson, V. (1993) *Making sense of secondary science*. London: Routledge.

Duit, R., Gropengiesser, H., and Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. En H. Fisher (ed.), *Developing standards in research on science education*. (pp.1-9). London: Taylor & Francis.

Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias. *Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa*. Revista Mexicana de investigación educativa, julio-septiembre, año/vol.11 No.030 Comie Distrito Federal, México pp 741-770.

Duit, R. (2007). Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3 (1), 17-27.

Duit, R., & Treagust, D. F. (1998). Learning in science - From behaviourism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser, & K. Tobin (Eds.), *International handbook of Science Education*, Part 1 (pp. 3-25). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Duit, R. & Treagust, D. (in press). Teaching for conceptual change - Theory and practice. In S. Vosniadou et al. (Eds.), *Handbook on conceptual change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual Change: A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*. 25 (6): pp. 671-688.

Ebenezer J. V. & Erickson G. L. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography. *Sci. Ed.*, 80: 181-201. doi: 10.1002/(SICI)1098-237X(199604)80:2<181::AID-SCE4>3.0.CO;2-C

Erickson, F. (1989). Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza en Wittrock, M.C *La investigación de la enseñanza II*. PsidósIMEC Barcelona.

Furió, Más, C., Gil, D. (1978). El programa-guía de actividades: una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química. I.C.E. de la Universidad de Valencia, 1978.

Furió, Más, C. (1986). Metodologías utilizadas en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 73-77.

Furió-Más, C. & Domínguez-Sales, M.C., (2007a). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 25 (2), 241-258.

Furió-Más, C. & Domínguez-Sales, M.C., (2007b). Deficiencias en la enseñanza habitual del concepto macroscópico de sustancia y del cambio químico como cambio sustancial. *Journal of Science Education. Revista de Educación en Ciencias*, 8 (2), 84-92.

Furió-Más, C., Solbes-Matarredona, J. & Furió-Gómez, C. (2008). Towards a proposal for effective ongoing training programmes for science teachers. *Problems of Education in the 21st Century*, vol. 6, pp.60-70.

Furió-Más, C., Domínguez-Sales, M.C. and Guisasola-Aranzabal, J. (2009). Design and assessment of a teaching sequence to introduce substance and chemical reaction in secondary education, 2009, (submitted to *Science Education*).

Furió Más, C., y Furió Gómez C. (2009). *¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista?*. 8ª Convención Nacional y 1ª Internacional de profesores de ciencias naturales. Conferencias plenarias. Educación Química. Junio de 2009. pp 246-251.

Furió-Más, C., Domínguez-Sales, M. C. y Guisasola, J. (2012). Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. *Investigación didáctica. Enseñanza de las ciencias*, 2012, 30(1), 113–128.

Gabel D. (1998). *The Complexity of Chemistry and Implications for Teaching*, en B.J. Fraser y K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Ed.Kluwer, Dordrecht (1998).

Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A look to the future. *Chemical Education Research. Journal of Chemical Education*. Vol.76 No.4, April, 1999.p.548-554.

Gallegos, L. & Garritz, A. (2003). Model profiles as a representation of conceptual change in students, sometida a *Science Education*.

García, A. y Garritz A. (2006). Desarrollo de una unidad didáctica: El estudio del enlace químico en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, 2006, 24(1), 111–124.

García Martínez, A., Mosquera S. C. y Mora P. W. (2003). Conceptos Fundamentales de la química y su relación con el desarrollo profesional del profesorado. Centro de investigaciones y desarrollo científico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.

Garritz A., y Trinidad-Velasco (2006). El conocimiento pedagógico de la estructura corpuscular de la materia. IV jornadas internacionales para la enseñanza preuniversitaria y universitaria de la química. *Educación química* 17 (x), 114-141.

Garritz, A., Porro, S., Rembado, F. M. y Trinidad, R. (2007). Latin-American teachers' pedagogical content knowledge of the particulate nature of matter. *Journal of Science Education*, 8(2), 79-84.

Gess-Newsome, J. & Lederman, N.G. (1999). *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Dordrecht: Kluwer A.P.

Gil, D. y Pessoa de Carvalho, A. M., (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias, *Educ. quím.*, 11(2), 250-257, 2000.

Gilbert, J. K., Osborne, R. J. and Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Sci. Ed.*, 66: 623–633. doi: 10.1002/sce.3730660412.

Gilbert, J. K. & Boulter, C. J., (Eds). (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academics Publishers.

Glaser, R., Lieberman, A., & Anderson, R. (1997). “The Vision Thing”: Educational research and AERA in the 21st century Part 3: Perspectives on the research-practice relationship. *Educational Researcher*, 26(7), 24-25.

Gómez Crespo, M.A. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química, *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* 7, 37-44,

Gómez Crespo, M. A.; Pozo J.I.; Sanz A.; Limón M. (1992). La estructura de los conocimientos previos en Química: una propuesta de núcleos conceptuales. *Investigación en la escuela*, no.18, 1992, 24-40.

Gómez Crespo, M.A. y Pozo, J.I. (2001) La consistencia de las teorías sobre la naturaleza de la materia. Una comparación entre las teorías científicas y las teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, 24 (4), 441-459.

Gómez-Crespo, M. A. (2005). *Aprendizaje e instrucción en química. Cambio en las representaciones de los estudiantes acerca de la materia*. Tesis de doctorado no publicada. Facultad de Psicología: Universidad Autónoma de Madrid, 2005.

Gómez Crespo, M. A. (2006). *Aprendizaje e instrucción en química. El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia*. Primer premio Nacional sobre Tesis

Doctorales. Convocatoria de premios nacionales de investigacion e innovacion educativa. Ministerio de Educacion Politica Social y Deporte. No. 181. Coleccion: Investigacion. España, 2006.

Gorard, S., & Taylor, C. (2004). Combining Methods in Educational and Social Research. The promise of design studies. Cap (7), 100-112. Open University Press. McGraw-Hill Education. And Two Penn Plaza, New York, NY 10121-2289, USA. First published 2004. Copyright Stephen Gorard and Chris Taylor 2004.

Gorard, S., Roberts, K., & Taylor, C. (2004). What kind of creature is a design experiment? British Educational Research Journal, 30(4), 577-590.

Gravemeijer, K. (1998). Developmental research as a research method. In J. Kilpatrick & A. Sierpinska (Eds.) Mathematics education as a research domain: A search for identity (pp. 277-295). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Griffiths K. A. and Preston R. K. (1992). Grade-12 students misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules, Journal of Research in Science Teaching, 29, 611-628.

Guba E. G., Lincoln, S. Y. ().Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa”. En Denman, C y J.A. Haro (comps.), Por los rincones Antología de métodos cualitativos en la investigación social. El colegio de Sonora. Hermosillo Sonora, 2002.pp. 113-145.

Guba, E., & Lincoln, S. Y. (1982). "Epistemological and methodological bases of naturalistic inquiry". *Educational Communications and Technology Journal* , 232-252.

Gunstone, R. F., & White, R. T. (1981). Understanding of gravity. *Science education*, 65(3), 291-299.

Gutiérrez, R. (1987). La investigación en didáctica de las ciencias: elementos para su comprensión. *Bordón*, 39(268), pp. 339-362.

Halldén, O. (1988). The Evolution of Species: pupils perspectives and school perspectives, *International Journal of Science Education*, 10 (3), pp. 541-552.

Halldén, O. (1997). Conceptual change and the learning of history. *International Journal of Educational Research*, 27(3), 201-210.

Hashweh, M. (1985). *An exploratory study of teacher knowledge and teaching: the effects of science teachers' knowledge of their subject matter and their conceptions of learning on their teaching*. California: Unpublished doctoral dissertation, Stanford Graduate School of Education, Stanford, CA.

Hernández, M. y Pinto, R. (2009). Desarrollo iterativo de una secuencia de enseñanza y aprendizaje sobre propiedades acústicas de los materiales. Enseñanza de las ciencias, Numero Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 3564-3568. Este artículo fue consultado el 20 de abril de 2011 en la URL <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3564-3568.pdf>

Hernández, R., Fernández C., & Baptista P. (xxx). Metodología de la investigación. Cuarta edición.

Harrison, A. G. y Treagust, D. F., (2002). The particulate nature of matter: challenges in understanding the submicroscopic world. En: J. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D.F. Treagust, y J. Van Driel (eds.), *Chemical Education: Towards Research based Practice* (pp. 189–212), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers,

Holding, B. (1987). Investigation of school children's understanding of the process of dissolving with special reference to the conservation of matter and the development of atomic ideas. Unpublished PhD thesis, The University of Leeds.

Holliday, W. (1992). Helping college Science students read and write: Practical Research-based suggestions. *Journal of College Science Teaching*, 25, 58-60.

Holton, G. (1952). *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science*. Addison-Wesley (Trad.: Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas, Ed. Reverte, 1984).

Jiménez, M.P. y Sanmartí, N. (1995). The development of a new science curriculum for secondary school in Spain: opportunities for change. *International Journal of Science Education*, 17(4), pp. 425-439.

Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a basic particule theory: A longitudinal study. *International Journal of Science education* , 20 (4), 393-412.

Johnstone, A. H. (1982). Macro and microchemistry.

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *J. Computer Assisted Learning*, 7, 75-83. doi: 10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x

Jhonstone, A. H. (2000). Chemistry Education: Research and Practice in Europe, Vol. 1(1),9.

Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 49-63.

Johnstone, A. H. (2010). You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, 87 (1), 22-29.

Kabapinar, F. (1998). *Teaching for conceptual understanding: developing and evaluating Turkish students' understanding of the solubility concept through a specific teaching intervention*. Unpublished EdD thesis, The University of Leeds.

Kabapinar, F., Leach, J., & Scott, P. (2004). The design and evaluation of a teaching-learning sequence addressing the solubility concept with Turkish secondary school students. *International journal of science education*, 26(5), 635-652.

Kantowski, M. G., (1978). The Teaching Experiment and Soviet Studies of Problem Solving, in Hatfield & Bradbard, eds. (1978), págs. 43-52

Kaestle C. F. (1993). The Awful Reputation of Education Research. *Educational Researcher*, Vol. 22, No. 1. (Jan. - Feb., 1993), pp. 23+26-31. Stable URL: <http://links.jstor.org/sici?sici=0013189X%28199301%2F02%2922%3A1%3C23%3ATAROE%3E2.0.CO%3B2-U>

Kantowski, M. G., Steffe, L. P., Lee, K. S., & Hatfield, L. H. (1978). The soviet "teaching experiment": Its role and usage in american research, *Annual Meeting of the National Council of Teachers of Mathematics (NCTM)*. San Diego, CA.

Kalmykova, Z. I. (1966). Methods of Scientific Research in the Psychology of Instruction Soviet Education, VIII (6), 1966, pp. 13-23.

Karplus R. & Their H.D. (1967). *A new look at elementary school science*. Chicago: Rand McNally.

Kattmann, U., Duit, R., GropengieBer, H., & Komorek, M. (1995, April). A model of educational reconstruction. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), San Francisco, CA.

Kattmann, U., Duit, R., GropengieBer, H., & Komorek, M. (2005). Towards Science Education that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. In Fischer Hans E. (Hrsg). *Developing Standars in Research on Science Education*. London: Taylor & Francis, S, 1-9.

Kelly, A. (2003). Research as design. *Educational Researcher*, 32(1), 3-4.

Kelly, A. (2004). Design research in education: Yes, but is it methodological? *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 115-128.

Kelly, A. E. (2006). Quality criteria for design research. In: J.J.H. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen(Eds.). *Educational design Research*. London: Routledge

Kelly, A. E., Lesh, R.A. y Baek, J.Y. (Eds.) (2008). *Handbook of Design Research Methods in Education* (pp.423-438). Londres: Routledge.

Kelly, A. E., Baek, J. Y., Lesh, R. A. and Bannan-Ritland, B. (2008). Enabling innovations in education and systematizing their impact. In A. E. Kelly, R. A. Lesh and J. Y. Baek (Editors), *Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching*. London: Routledge (pp3-18).

Kind, V. (2004). Más allá de las apariencias. Las ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química, Santillana-Facultad de Química de la UNAM, 2004. 442-445.

Krippendorff, K. (1990). *Metodología del análisis de contenido. Teoría y Práctica*. Barcelona. Paidós Ibérica, S.A.

Laborde, C. & Perrin-Glorian, M.J. (eds.) *Teaching Situations as Objects of Research: Empirical Studies within Theoretical Perspectives*. *Educational Studies in Mathematics*, 59 (1-3).

Lagemann, E. C. (2002a). Usable knowledge in education. Retrieved November 29, 2005, from the Spencer Foundation Web site: www.spencer.org/publications/index.htm

Lagemann, E. C. (2002b). *An elusive science: The troubling history of education research*. Chicago: University of Chicago Press.

Leach, J. (2007). The relationship of theory and practice in designing, implementing and evaluating teaching sequences: learning from examples that don't work. Paper presented at *the of the European Science Education Research Association, Malmö, Sweden*.

Leach, J., Ametller, J. and Scott, P. (in press). The relationship of theory and practice in designing, implementing and evaluating teaching sequences: learning from examples that don't work. *Education et la Didactique*.

Leach, J. Ametller, J. and Scott, P. (2009). The relationship of theory and practice in designing, implementing and evaluating teaching sequences: learning from examples that don't work. *Education & Didactique*, 2008, Vol, n°, 139-161

Leach, J.; Ametller J.; Hind A.; Lewis J.; Scott P. (2003). Evidence-informed approaches to teaching science at junior high school level: outcomes in terms of student learning. Centre for Studies in Science and Mathematics Education The University of Leeds. Leeds LS2 9JT.UK. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia, March 2003, as part of the symposium *Evidence based practice in science education*.

Leach, J. Ametller, J. and Scott, P. (2009). Establishing and communicating knowledge about teaching and learning scientific content: the role of design briefs. Paper presented at *ESERA 2009 (Istanbul)* [online]. [Accessed 18 September 2011]. Available from: <http://www.education.leeds.ac.uk/research/uploads/93.pdf>

Leach, J. and Scott, P. (1995). *The demands of learning science concepts: issues of theory and practice*. *School Science Review*, 76 (277), 47 - 52.

Leach, J. and Scott, P. (1999). *Learning science in the classroom: Drawing on individual and social perspectives*. Paper presented at the meeting of the European Association for Research on Learning and Instruction, Gothenburg, Sweden, August 1999.

Leach, J. and Scott, P. (2000). The concept of learning demand as a tool for designing teaching sequences. Paper prepared for the meeting *Research-based teaching sequences*, Université Paris VII, France, November 2000. CSSME, The University of Leeds, UK.

Leach, J. and Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education*, 38, 115-142.

Leach, J. and Scott, P. (2003a). Individual and sociocultural perspectives on learning in science education. *Science and Education*, 12(1), 91-113. OJO REVISAR YA QUE PARECE QUE NO ES LA FECHA.

Leach, J. and Scott, P. (2003b). Learning science in the classroom: Drawing on individual and social perspectives. *Science and Education*, Vol. 12(1), pp. 91-113.

Leach, J. and Scott, P. (2008). Teaching for conceptual understanding: an approach drawing on individual and sociocultural perspectives. In S. Vosniadou (Editor): *International handbook of research on conceptual change*. London: Routledge. pp 647-675

Leach, J., Scott, P., Ametller, J., Hind, A. and Lewis, J. (2006). Implementing and evaluating teaching interventions: Towards research evidence-based practice In. R. Millar, J. Leach, J. Osborne and M. Ratcliffe (Eds.). *Improving subject teaching: lessons from research in science education*. London: Routledge Falmer, pp.79-99.

Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., & Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 249-270.

Leicester, H. M. (1967). *Panorama histórico de la química*. Ed. Alhambra. Madrid.

Lemke, J. (1990). Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores. Ed. Paidós, Barcelona (1997).

Lijnse, P. (1995). "Developmental Research" as a way to an empirically based "Didactical Structure" of Science Education, 79 (2), 189-199.

Lijnse, P. L. (2000). Didactics of science: the forgotten dimension in science education research? In R. Millar, J. Leach and J. Osborne (2000) (Editors), *Improving science education: the contribution of research*. Buckingham, UK: Open University Press. pp 308-326.

Little, J. W. (1993). Teachers' professional development in a climate of educational reform. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 15 (2), 129-151.

López, D.M., Guerra, M.T. y Rojo C.M. (XXX). Teaching and learning sequences for the study of electric energy at primary school. Consultado el 15 de agosto de 2015 en http://www.esera.org/media/ebook/strand3/ebook-esera2011_LOPEZ-03.pdf

Llorens, J.A. (1988). La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje, *Investigación en la escuela*, 4, 33-48.

McInerney, D., & McInerney, V. (2006). *Educational psychology: Constructing learning* (4th ed.). Sydney, Australia: Pearson Educational.

McKenney, S., Nieveen, N., & van den Akker, J. (2006). Design research from a curriculum perspective. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research*. London: Routledge.

Martin M. J, Gómez, M. A y Gutiérrez, M. S (2000). “La física y la Química en secundaria” Editorial Narcea, Madrid.

Martínez, C. P. (2006). El método del estudio de caso. *Estrategia metodológica de la investigación científica*. Pensamiento y gestión. No. 20. ISSN 1657-6276. Universidad del Norte, 165-193.

Méheut, M. (2005). Teaching learning sequences tools for learning and/or research. In K. Boersma et al. (Eds.), *Research and the Quality of Science Education* (Netherlands: Springer), 195-207.

Méheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *IJSE*, 26 (5), 515-535.

Gobierno de Chile. Ministerio de Educación (2009). “Orientaciones para la Planificación de la Enseñanza, marzo 2009”.

McMillan, J. & Schumacher, S. (2005). *Investigación Educativa. Una introducción conceptual*. 5ª. Edición. Pearson Addison Wesley.

Millar, R. (2013). Towards a research-informed teaching sequence for energy. Chapter for a forthcoming book based on presentations given at the ‘Summit on the Teaching and Learning of Energy’, Michigan State University, 15-17 December 2013.

Middleton, J., Gorard, S., Taylor, C. and Bannan-Ritland, B. (2008). The 'Compleat' design experiment: from soup to nuts. In A. E. Kelly, R. A. Lesh and J. Y. Baek (Editors), *Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and teaching*. London: Routledge (pp21-46).

Mitchell, A. C., & Kellington, S. H. (1982). Learning difficulties associated with the particulate theory of matter in the Scottish Integrated Science Course. *European Journal of Science Education*, 4(4), 429-440.

Mondragón et al., (2010). Hipertexto Química 1. Editorial de Santillana SA. Bogotá, Colombia.

Montañez, M. (2001) "Introducción al análisis e interpretación de textos y discursos", en Montañez, M. et al. (coords) *Prácticas de creatividad local*, Madrid: El Viejo Topo.

Molina, M.; Castro E.; Castro E. (2006). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. Seminario Metodologías de Investigación de trabajos en curso. Universidad de Granada. p. 1-12.

Mora Penagos, W. M. (2007). Respuesta de la universidad a los problemas socio ambientales: la ambientalización del currículo en la educación superior. *Investigación en la Escuela*, (63), 65-76.

Moriner-Dersheimer, G., & Kent, T., (1999). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. In Gess-Newsome, J., & Lederman G. (Eds.). *Examining pedagogical content knowledge*. Kluwer Academic Publishers.

Mortimer, E.F. (1998). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. *International Journal of Science Education*, 20(1): 67-82.

Mortimer, E.F. & Scott, P.H. (2002). Discursive activity on the social plane of high school science classrooms: a tool for analysing and planning teaching interactions. Paper presented at the AERA Annual Meeting, New Orleans, USA, as part of the BERA invited symposium: *Developments in Sociocultural and Activity Theory Analyses of Learning in School*.

Mortimer, E.F. & Scott, P.H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms* Milton Keynes: Open University Press.

National Research Council (1996). *National Research Council. National Science Education Standards*. Washington DC: National Academy Press.

National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education*. Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas.

Novick, S. and Nussbaum, J. (1978). Junior High School Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: An Interview Study, *Science Education*, 62[3], 273-281.,

Novick, S. and Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross age study. *Science education*, 65 (2), 187-196.

Nussbaum, J. (1985). The Particulate Nature of Matter in the Gaseous Phase. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.), *Children's Ideas in Science*, Open University Press, Philadelphia, , pp. 125-144.

Nussbaum, J. (1989). La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa. In *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (pp. 196-224). Morata.

Nuthall, G. (1999). The way students learn: Acquiring knowledge from an integrated science and social studies unit. *Elementary School Journal*, 99, 303–341.

Nuthall, G. (2001). Understanding how classroom experience shapes students' minds. *Unterrichts Wissenschaft*, 29, 224–267.

Perales, J. y Jiménez, J. (2002). *Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto*. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada. Campus Universitario de Cartuja. 18071 Granada. Enseñanza de las ciencias, 2002, 20 (3), 369-386

Pérez, D. G. (1998). El papel de la Educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista iberoamericana de educación*, (18), 69-90.

Pfundt, H. (1981). The Atom-The Final Link in the Division Process or the First Building Block? Pre-Instructional Conceptions about the Structure of Substances.

Pfundt, H.; Duit, R. (2001). *Bibliography: Students' Alternative Frameworks and Science Education* (fifth edition), IPN, Kiel.

Piaget, J. (1974). *The child and reality: Problems of genetic psychology* (A. Rosin, Trans.). London: Frederick Miller.

Posner & Strike (1976). A categorization scheme for principles of sequencing of content. Cornell University.

Prain, V.; Waldrup, B. (2008). A study of teacher's perspectives about using multimodal representations of concepts of enhance science learning. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Thechnology Education*, 8, 5-24.

Pozo, J.I., Gómez creso, M.A. Limón, M. Sanz, A. (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química. Madrid: CIDE.

Pozo, J. I., Gómez, M. A. and Sanz, A. (1991). When Change Does Not mean Replacement: Different Representations for Different Contexts. En Schnotz W., Vosniadou, S., Carretero M. (Eds.), *Advances in Learning and Instruction Series. New Perspectives on Conceptual Change*, Pergamon, Oxford, pp. 161-174.

Pozo, J. I.; Gómez Crespo, M. A., y Sanz, M. A. (1993). *La comprensión de la Química en la adolescencia*. Memoria de investigacion no publicada. Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid.

Pozo, J.I. (1996 a) *Aprendices y maestros*. Madrid. Alianza/ Psicología Minor.

Pozo, J. I., y Gómez Crespo, M. A. (1997). *Cambio conceptual en Química*. Memoria de investigación no publicada. Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid.

Pozo, J.I., y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Ediciones Morata, S. L. 1998.

Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. A., Limón, M. y Sanz, A. (1999). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia*, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.

Rinaudo y Donolo (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigacion educativa. Departamento de Ciencias de la Educación. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba, Argentina). RED – Revista de Educación a Distancia. Número 22 <http://www.um.es/ead/red/>

Reeves, T., Herrington, J., & Oliver, R. (2005). Design research: A socially responsible approach to instructional technology research in higher education. *Journal of Computing in Higher Education*, 16(2), 97-116.

Richey, R., & Nelson, W. (1996). Developmental research. In D. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (pp. 1213-1245). London: Macmillan.

Richey, R., Klein, J., & Nelson, W. (2004). Developmental research: Studies of instructional design and development. In D. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (2nd Ed.) (pp. 1099- Introduction 8 1130). Bloomington, IN: Association for Educational Communications & Technology.

Rojas, S. F. (2011). Instrumentos discursivos para caracterizar la comunicación del profesor en el aula de matemáticas y las posibilidades de participación de los estudiantes. Grupo EMiCS Universidad Autónoma de Barcelona España. XIII Conferencia Interamericana de educación Matemática. CIAEM. Recife Brasil, Junio 2011.

Ruthven, K., Laborde, C., Leach, J. and Tiberghien, A. (2009). Design tools in didactical research: Instrumenting the epistemological and cognitive aspects of the design of teaching sequences. *Educational Researcher*, 38(5), 329-342.

Sandoval, W. A. and Bell, P. (2004). Design-based research methods for studying learning in context: introduction. *Educational Psychologist*, 39 (4), 199-201.

Sánchez, G. y Valcárcel, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), pp. 33-44.

Sánchez, G. y Valcárcel, M.V. (1998). La planificación de unidades didácticas en la formación permanente del profesorado de ciencias: dimensión subjetiva del contenido de formación, en Banet, E. y De Pro, A. (coords.). *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias I*, pp. 324-335. Murcia: DM.

Sánchez, G. y Valcárcel, M.V. (1999). Science teachers' views and practices in planning for teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), pp. 493-513.

Sánchez, G. y Valcárcel, M.V. (2000). ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? Cambios y dificultades tras un programa de formación?

Sanmartí, N. (2000): «El diseño de unidades didácticas», en PERALES, F.J.; CAÑAL, P. (eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Alcoy. Marfil, pp. 239-267

Sanmarti, N., Izquierdo, M. & Garcia, M. P. (1999). Hablar y escribir: una condición necesaria para aprender ciencias, *Cuadernos de pedagogía*, 281, 54-58.

Scott, P.H. (1997). Teaching and learning science concepts in the classroom: talking a path from spontaneous to scientific knowledge. In: *Linguagem, cultura e cognicao reflexoes para o ensino de ciencias*, Belo Horizonte, Brazil: Faculdade de Educacao da UFMG.

Scott, P.H. (1998). Teacher talk and meaning making in science classrooms: A Vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, 32, pp. 45-80.

Scott, P. H., Leach, J., Hind, A. and Lewis, J. (2006). Designing research evidence-informed teaching sequences. In Millar, R., Leach, J., Osborne, J. and Ratcliffe, M. *Improving subject teaching: lessons from research in science education*. London: Routledge.

Scott, P. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, D. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90(3): 605-631.

Scott, P. and Asoko, H. (2006). Talk in science classrooms. In. V. Wood-Robinson (Ed.). *Association of Science Education Guide to Secondary Science Education*. Hatfield, Herts: Association for Science Education (ASE).

Séré, M-G. (1985). *The gaseous state*. In Driver, R., Guesne, E. and Tiberghien, A. (Editors), *Children's ideas in science*. Buckingham: Open University Press.

Séré, M. G. (1990). Passing from one model to another: which strategy. *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, 50-66.

Schön, D. (1992). La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones: Madrid: Paidós.

Schön, D. (1998), El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan, Editorial Paidós, Barcelona.

Shulman (1986). Those Who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 4-14.

Shulman (1987). Knowledge and Teaching. "Foundations of the New Reform". *Harvard Educational Review* , 57.

Shwartz, Y., Weizman, A., Fortus, D., Krajcik, J., y Reiser., B. (2008). Middle School Science Curriculum: Coherence as Design Principle.

de Souza Barros, S., & Elia, M. F. (1997). Physics teacher's attitudes: How do they affect the reality of the classroom and models for change?. *Connecting research in physics education with teacher education*.

Strauss, A., & Corbin, J. (2002). Bases de la Investigación Cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada (E. Zimmerman, Trad.). Medellín: Facultad de Enfermería de la Universidad de Antioquía. (Trabajo original publicado en 1990).

Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.

Tatar, E. (2011). Prospective primary school teachers’ misconceptions about states of matter. *Educational Research and Reviews* Vol. 6(2), pp 197-200, February 2011 Available online at <http://www.academicjournals.org/ERR> ISSN 1990-3839 ©2011 Academic Journals.

Tiberghien, A. (1996). Construction of prototypical situations in teaching the concept of energy. In G. Welford, J. Osborne, & P. Scott (Eds.), *Research in science education in Europe: Current issues and themes* (pp. 100–114). London: Falmer

Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. In R. Millar, J. Leach and J. Osborne (Editors): *Improving science education: the contribution of research*. Buckingham, UK: Open University Press.

Tiberghien, A., Vince, J., & Gaidioz, P. (2009). Design- Based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. *International Journal of Science Education*. 31, 2275-2314.

Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.

Trinidad-Velasco, R., & Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, 14(2), 92-105.

Uribe, C. (2005). Pensar con la ciencia. "Aceleración cognoscitiva mediante la educación en ciencias en el contexto local". Cali.

Van den Akker, J. (1999). Principles and methods of development research. *Design Methodology and Developmental Research in Education and Training*, 1-14.

Van den Akker, J., Branch, R., Gustafson, K., Nieveen, N., & Plomp, T. (1999). Design approaches and tools in education and training. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. y Nieven, N. (2006). Introducing Educational Design Research. En J. van den Akker, N., K. Gravemeijer, S. McKenney y N. Nieven (Eds.) *Educational Design Research* (3-7). Londres: Routledge.

Van de Akker, J., et al., (2007). The East China Normal University, Shanghai (PR China), November 23-26, 2007. An Introduction to Educational Design Research. Slo. Netherlands for curriculum development. Proceedings of the seminar conducted at the *East China Normal University, Shanghai (PR China), November 23-26, 2007 SLO •Netherlands institute for curriculum development* Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Viennot, L. y Rainson S., (1999). Design and evaluation of a research-based teaching sequence: the superposition of electric field. *International Journal of Science Education* 21 (1), pp.: 1-16

Viiri, J. and Savinainen, A. (2008). Teaching-learning sequences: A comparison of learning demand analysis and educational reconstruction *Latinoamerican Journal Physical Education*. Vol. 2, No. 2. Este artículo fue consultado el 25 de abril de 2011 en la URL <http://www.journal.lapen.org.mx>

Villaveces, (2000). Química y Epistemología, una relación esquivada. *Revista colombiana de Filosofía de la Ciencia*, año/vol. 1, número 2-3. Universidad el Bosque, Bogotá Colombia, pp. 9-26.

Villaveces, J. L. (2001). "La enseñanza de la estructura de los átomos y de las moléculas", *Revista Ciencia y Tecnología*, 9, Bogotá, Colombia, U.P.N., pp. 108-118

Visser-Voerman, I., & Gustafson, K. (2004). Paradigms in the theory and practice of education and training design. *Educational Technology Research and Development*, 52(2), 69-89.

Vygotsky, L. S. (1962). *Pensamiento y Lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*. Traducción del original Ruso. Maria Margarita Rotger. Ediciones Fausto, 1995.

Vygotsky, L.S. (1978) *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Vygotsky, L.S. (1987) *Thinking and Speech*. In *The Collected Works of L.S. Vygotsky*; Rieber, R.W.; Carton, A.S. (Eds.). Trans. by Minich, N. New York: Plenum Press. pp 39-285.

Vollerbregt, M. (1998). *A problem posing approach to teaching an initial particle model*. Utrecht, NL: CD13 Press.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and Modelling the Process of Conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69. Wertsch, J.V. (1985). *Vygotsky and the social formation of mind*. Harvard University Press.

Wertsch, J.V. (1991). *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*. Harvester Wheatsheaf.

Widodo, A. (2004). *Constructivist oriented science classrooms: the learning environment and the teaching and learning process*. Frankfurt a.M.: Peter Lang.

Wittrock, M. C. (1985). Teaching learners generative strategies for enhancing reading comprehension. *Theory into practice*, 24(2), 123-126.

Wright, E. (1993) 'The irrelevancy of science education research: perception or reality?', *NARST News*, 35(1), 1-2.

Westbury, Hopmann & Riquarts, (2000). *Teaching as a Reflective Practice: the German Didaktik tradition*, pp. 15-40. Mahwah: Erlbaum.

Wu, H. K., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of research in science teaching*, 38(7), 821-842.

Yin, R. K. (2003). Case study research: Design and methods (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Yinger, R.J. (1977): "A study of teacher planning: description and theory development using ethnographic and information processing methods". *Doctoral Diss.* Michigan State Univ. Michigan.

Yinger, R. J. (1979). Routines in teacher planning. *Theory into practice*, 18, 163-169.

Yinger, R. J. (1987). Learning the Language of Practice. *Curriculum Inquiry* , 17 (3), 293-318.

Zemba-Saul, C., Blumenfeld, P. & Krajcik, J. (2000). Influence of guided cycles of planning teaching, and reflection on prospective elementary teachers' science content representations. *Journal of research in science teaching*. Vol. 37 No.4. pp. 318-339.

Zenteno M. y Garritz (2009). Secuencias dialógicas, la dimensión CTS y asuntos socio-científicos en la enseñanza de la química. Tesis para obtener el grado de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior. Consultada por última ocasión el 04 de junio de 2010 en la URL. http://garrit.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/zenteno-garritz_2007.pdf

ANEXOS

Anexo 1.

EL WORKED EXAMPLE SOBRE LA NATURALEZA CORPUSCULAR DE LA MATERIA PARA ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO PARA LA INSTITUCION EDUCATIVA SINGULAR.

PRINCIPIOS DE DISEÑO PARA LA ENSEÑANZA DE LA IDEA DE LA NATURALEZA CORPUSCULAR DE LA MATERIA

1. Caracterización del contexto educativo (*¿cuál es el contexto educativo específico?*)

A partir de éste se pretende:

- Atender los lineamientos, orientaciones del currículo nacional y el currículo institucional frente a la enseñanza/aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.
- Considerar las expectativas, exigencias y restricciones que plantea la institución educativa y los actores del proceso de enseñanza y aprendizaje (profesores, estudiantes y padres de familia).

2. Especificación de los objetivos de enseñanza y los resultados de aprendizaje esperados a cerca de la naturaleza corpuscular de la materia (*para qué enseñar y aprender la idea de la naturaleza corpuscular de la materia?*)

- Invitar a los estudiantes a que expliciten sus ideas o conocimientos cotidianos sobre la naturaleza, propiedades y procesos de cambios físico y químico de la materia para que ellos conozcan la existencia de diversos modelos alternativos para la interpretación y comprensión de la naturaleza.
- Explorar y trabajar explícitamente sobre las concepciones alternativas que tienen los estudiantes acerca de la naturaleza, propiedades físicas y, procesos de cambio físico/químico de la materia para que el conocimiento cotidiano se reconstruya a partir del lenguaje científico escolar (Dykstra et al., 1992; Glynn y Duit, 1995; Ogborn *et al.*, 1996).

- Desafiar las concepciones alternativas de los estudiantes mediante la formulación de interrogantes que hagan frente a sus propias ideas y les haga caer en cuenta del poder predictivo y explicativo que tienen éstas frente a las ideas científicas. El objetivo central es aceptar el modelo corpuscular como una interpretación más plausible para comprender las propiedades y cambios físicos/químicos de la materia.
- Introducir, usar y transferir las cinco grandes ideas que constituyen el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia para proporcionarle a los estudiantes un único marco explicativo que permita comprenderla estructura, propiedades y transformaciones de la materia: *el modelo de partículas*. Así, ellos lograrán conocer y comprender la naturaleza epistemológica del conocimiento científico a través de la cual se interpretan (Gómez Crespo, 2006; Leach & Scott, 2002).
- Trabajar sobre la comprensión de las cinco grandes ideas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, los principios conceptuales y la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la materia (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Gómez Crespo, 2006).
- Trabajar sobre la implausibilidad de las grandes ideas acerca del núcleo de la discontinuidad de la materia, debido a que, éstas son de naturaleza contraintuitiva por estar sustentadas por el lenguaje social abstracto de la ciencia (Leach & Scott, 2002).

3. **Definición de las formas de organización del contenido, selección y secuenciación del contenido específico (ideas y modelo científico, conceptos, esquemas conceptuales y niveles de representación de la química) (*¿qué enseñar y aprender?*)**

- Organizar el currículo de ciencias alrededor del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. A partir de él, se seleccionan y secuencian las cinco grandes ideas científicas que serán enseñadas a los estudiantes para dirigir el proceso de construcción de sus modelos y de esta manera, acceder a la construcción del modelo corpuscular de la materia con el que se representa el conocimiento acerca de dicho núcleo conceptual (Gómez Crespo, 2006)
- Desarrollar la idea general de un modelo científico coherente para explicar las propiedades y el comportamiento de la materia.

- Hacer un énfasis explícito en los contenidos conceptuales, pero éstos se organizarían no tanto a partir de contenidos específicos (densidad, calor, movimiento, etc.) sino, a través de las estructuras o núcleos conceptuales que dan sentido a esos conceptos (por ejemplo, la naturaleza discontinua de la materia, conservación y cuantificación) (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Gómez Crespo 2006).
- Especificar los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales claves a ser enseñados y aprendidos. Asimismo, las concepciones alternativas de los estudiantes, los conocimientos prerrequisitos y las demandas de aprendizaje sobre las propiedades y los procesos de cambio físico y químico de la materia.
- Desarrollar los esquemas conceptuales de la química: la interacción sistémica, la conservación de propiedades no observables y el equilibrio térmico, y, diferenciar e integrar los niveles representación de la disciplina.
- **Delimitación de los condicionamientos del proceso de enseñanza – aprendizaje, la gestión del aula (modelo de enseñanza, rutinas, técnicas, estrategias pedagógicas) ¿Cómo enseñar el contenido específico?**
- Asumir la perspectiva constructivista sociocultural del aprendizaje bajo el enfoque de enseñanza asumido por el Grupo Leeds, el cual, está informado por la herramienta de Demanda de aprendizaje (puesta en escena, apoyo a la internalización y traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante acerca de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia) y la herramienta de enfoque comunicativo.
- *Desarrollar el ciclo que nos facilite el proceso de enseñanza-aprendizaje:* 1. Activación y evaluación de los conocimientos previos (fase de puesta en escena). 2. Contrastación de modelos y puntos de vista (fase de puesta en escena). 3. Introducción del modelo científico escolar (fase de puesta en escena) 4. Integración de modelos (fase de apoyo a la internalización y traspaso de responsabilidad al estudiante).
- Describir y desarrollar las estrategias pedagógicas definidas en relación con los objetivos de enseñanza que promueven el aprendizaje guiado, cooperativo y la apropiación de conocimiento:
 - Uso de la estrategia **POE** (predecir, observar y explicar fenómenos o situaciones del mundo físico) (Gunstone y White, 1981);

- Desarrollar las practicas científicas: practicas experimentales; planteamiento de hipótesis, argumentación y contra-argumentación, diseño de experimentos, demostraciones, planteamiento de situaciones problema contextualizados, juegos de rol, organizadores previos, simulaciones y uso de ilustraciones o representaciones iconográficas y ejemplos cotidianos;
 - facilitar el aprendizaje significativo a partir de puentes cognitivos como analogías, mapas conceptuales y organizadores previos (Díaz Barriga y Hernández, 2002; p. 44).
 - Especificar el tipo de enfoque comunicativo (interacciones estudiante – estudiante, estudiante – profesor, estudiante – material didáctico) de acuerdo a las estrategias pedagógicas: promover entornos para el contraste de opiniones, debates, negociación de significados y formas de significar para experimentar y resolver problemas; fomentar los medios de expresión y creación personal escrita, oral o gráfica de los estudiantes; Introducir y trabajar el lenguaje social científico en el aula de química.
4. **Selección y uso de materiales, recursos y medios educativos *¿Con qué enseñar?***
- La explicación de las propiedades físicas en el contexto de los estados físicos de la materia, el comportamiento macroscópico y submicroscópico de la materia, los procesos de cambio físico y químico.
 - Promover y destacar el desarrollo y comparación de modelos iconográficos en una y tres dimensiones, adicionalmente el uso de simulaciones que permitan visualizar e interpretar la naturaleza de las partículas en cada uno de los estados de agregación a partir del uso de convenciones.

5. **Informar la evaluación de los aprendizajes (*¿Qué y cómo evaluar?*)**

Durante el diseño de la SEA sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia ha considerado la evaluación como un proceso a través del cual se recoge, analiza e interpreta información acerca del proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes. Ahora bien, desde una perspectiva constructivista del aprendizaje, la evaluación se incorpora al proceso de enseñanza y monitorea el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes a lo largo de todo el proceso contribuyendo a maximizarlo. En este sentido, ésta le permite al profesor la toma de decisiones informadas y contextualizadas al entorno educativo en el que se concreta a partir del diseño de materiales o propuestas curriculares que traten de mejorar la práctica educativa. De ahí, que el sentido de la evaluación para la gran idea de la discontinuidad de la materia consista en:

- Identificar y atender las características personales, estilos y ritmos de aprendizaje.
- Tener en cuenta y valorar las concepciones alternativas de los estudiantes.
- Suministrar información que permita implementar estrategias pedagógicas que brinden la oportunidad a los estudiantes de superar sus dificultades y, al profesor de monitorear el nivel de comprensión, confusión y compromiso, con el fin, de alcanzar la comprensión conceptual e integrada de las ideas, conceptos asociados y esquemas conceptuales que subyacen a la disciplina.
- Promover la auto, hetero y co-evaluación a través del uso de instrumentos que permitan conocer y valorar los resultados de aprendizaje alcanzados por los estudiantes al inicio, a lo largo y al final del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Comparar los resultados de aprendizaje de los estudiantes con los objetivos de enseñanza y las demandas de aprendizaje propuestos para verificar la evolución de su lenguaje social cotidiano hacia el lenguaje social científico.
- Aplicar los tipos de evaluación suministran información detallada en distintos momentos del proceso de enseñanza y aprendizaje de manera sinérgica (diagnóstica, formativa⁸¹, acumulativa).

LECCION No.1: El lenguaje de la química

• Introducción

El propósito central de esta lección es el establecimiento de un lenguaje social común en el aula de química, es decir, que el profesor y los estudiantes compartirían la misma jerga formal de dicha disciplina. Para ello, se diseñaron una serie de actividades que le brindan la oportunidad a los estudiantes de comenzar a desarrollar elementos epistémicos como: los niveles de representación de la materia; los esquemas conceptuales que subyacen a cada uno de los tópicos de la química y las prácticas científicas alineadas con los diferentes temas de esta disciplina. Desde luego, que la internalización de estos elementos por parte de los estudiantes, les permitiría vincular de manera estrecha y significativa el conocimiento explícito en la memoria permanente con la información nueva que suministra el profesor u otro recurso curricular. De ahí que, el establecimiento de un lenguaje común sobre la química juega un papel clave para el aprendizaje por comprensión conceptual de los diferentes tópicos del currículum de la química.

⁸¹El proceso de evaluación formativa será especificado a lo largo de la secuencia de actividades de enseñanza/aprendizaje de las dos lecciones que configuran el Worked Example.

-Estándar básico de competencia⁸²

Establezco relaciones entre las características macroscópicas y submicroscópicas de la materia y, las propiedades físicas y químicas de las sustancias que la constituyen.

-Desarrollo de los esquemas conceptuales de la química en un nivel de tratamiento cualitativo

- Interacción sistémica.
- Conservación de propiedades no observables y,
- Equilibrio térmico.

-Propósito general del área de ciencias naturales y educación ambiental⁸³

- Formar personas autónomas, críticas y reflexivas, capaces de utilizar adecuadamente sus potencialidades para saber, saber hacer, saber ser y saber estar.

-Metodología desarrollada para abordar las historias científicas

La metodología utilizada en el diseño del Worked Example se desarrollará en coherencia con el marco teórico que sustenta los estudios de diseño y en particular, con el modelo de diseño del grupo Leeds a partir de las herramientas de diseño de demanda de aprendizaje y el enfoque comunicativo. En este sentido, a lo largo de todo el instrumento de diseño se desarrollará una secuencia de actividades aprendizaje que tienen como objetivo fundamental la elaboración del modelo corpuscular de la materia a partir de la presentación progresiva de las cinco grandes ideas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Así pues, las actividades estarán organizadas y secuenciadas siguiendo las tres fases o aspectos claves del concepto de demanda de aprendizaje (puesta en escena, apoyo a la internalización y traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante). Entre tanto, las actividades de aprendizaje se realizarán sobre la base de tareas problematizantes de tipo

⁸² Este estándar de competencia fue seleccionado del documento estatal *los estándares básicos por competencias en ciencias sociales y naturales*, con el fin, de que éste orientara el diseño de la serie de actividades de aprendizaje del tópico en estudio (http://www.mineduacion.gov.co/cvn/1665/articles-116042_archivo_pdf3.pdf).

⁸³ Este propósito de enseñanza general del Área de ciencias naturales y Ed. Ambiental fue elaborado y consensado por todos los profesores de ciencias de la institución Educativa en estudio y por tanto, se plantea para todo el currículo institucional desde la educación básica primaria hasta la educación media secundaria.

teórico y experimental que dependerán de la naturaleza ontológica, epistemológica o conceptual de los objetivos de enseñanza y demandas de aprendizaje que se pretenda cubrir del tópico en consideración. De esta forma, se describe la dinámica que se llevará a cabo durante el desarrollo de cada lección de enseñanza y aprendizaje en el Worked Example de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia:

- a. Lee la situación problematizadora y/o organizador previo, en forma colectiva. Si es necesario, utilice el diccionario para encontrar el significado de los términos desconocidos, de manera que te permita comprender el texto.
- b. Construye una hipótesis y exprésala por escrito.
- c. Socializa tus hipótesis ante el equipo de trabajo que hayas conformado (5 integrantes); además escucha con atención y respecto las hipótesis de tus otros compañeros.
- d. Todas las hipótesis socializadas en el equipo de trabajo, reconstruyan y construyan una hipótesis nueva que salga del consenso del colectivo, consignándola en un mural.
- e. Escojan un compañero del equipo de trabajo para que socialicen la hipótesis y la defiendan ante el colectivo aula.
- f. Después de terminada la clase, en las horas de la tarde debes realizar un texto de tipo narrativo (el diario de clase) en donde tú expreses los siguientes aspectos: ¿Qué aprendió y por qué? ¿Qué no aprendió y por qué? ¿Cómo te sentiste durante el acto educativo?, además puedes incluir en éste elemento que no tiene que ver con el tema que estamos desarrollando, sin embargo hacen parte de la vida del aula.
- g. El desarrollo de los conceptos y prácticas científicas tendrá un formato constituido por los siguientes pasos: **P**redicción, **O**bservación y **E**xperimentación.

A partir de los anteriores presupuestos describiremos de manera breve la historia científica que recoge esta lección:

HISTORIA CIENTIFICA

El Worked Example comienza con un debate dirigido por el profesor en el que se describen los elementos epistémicos que fundamentan el aprendizaje de los contenidos conceptuales y permiten el desarrollo de los esquemas conceptuales de la química. La intención de estas primeras actividades es lograr establecer un lenguaje científico común en el que los estudiantes podrán vincular a su conocimiento cotidiano para lograr redescribirlo o reinterpretarlo hacia el lenguaje social científico. Los estudiantes con apoyo del profesor reflexionan sobre los elementos que conforman el meta-sistema, al mismo tiempo que el profesor deberá hacer énfasis en la importancia de que ellos sean conscientes de utilizarlos en la interpretación de los múltiples fenómenos con los que interactúan en

su cotidianidad. Cuando ya se haya logrado que los estudiantes se apropien del lenguaje en que se representa la comunidad científica, el profesor introducirá la idea de la naturaleza corpuscular de la materia con la cual se inicia la construcción del modelo corpuscular de la materia, al cual, lo subyacen cuatro ideas científicas claves (partículas, vacío, interacción y movimiento). Este modelo sencillo, será utilizado en esta primera lección para dar sentido a la explicación de algunas de las propiedades de sólidos, líquidos y gases. Así pues, la secuencia de actividades transitará desde el uso de un enfoque comunicativo interactivo y no interactivo de autoridad (IA) hacia un tipo de discurso dialógico-interactivo y no interactivo.

Actividad de aprendizaje No.1: El Meta-sistema que subyace al aprendizaje de los conceptos y al desarrollo de los esquemas de pensamiento formal de la química.

Objetivos de enseñanza

- Promover activamente la descripción de los tres núcleos y esquemas conceptuales y, los tres niveles de representación de la química para establecer un lenguaje o jerga formal en el que se representa la química en el plano social del aula.
- Proporcionar a los alumnos la oportunidad de reflexionar sobre la necesidad de diferenciar e integrar los núcleos conceptuales, niveles de representación y los esquemas conceptuales de la química para acceder a la comprensión de los tópicos del currículo de la química.

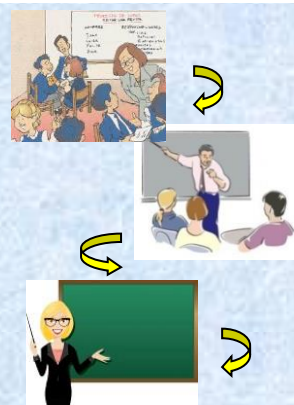
Resultados de aprendizaje

Al final de la actividad, los alumnos serán capaces de:

- Identificar los núcleos, esquemas y niveles de representación de la materia
- Describir los núcleos, esquemas y niveles de representación de la materia.
- Diferenciar e Integrar los núcleos conceptuales, niveles de representación y los esquemas conceptuales de la química como elementos epistémicos claves para acceder a la comprensión de los tópicos del currículo de la química.

Tipo de interacción

El profesor trabaja con los estudiantes utilizando un enfoque **interactivo-dialógico (ID)** cuando explora las concepciones alternativas que traen los estudiantes al aula acerca de los constructos de sistema e interacción, No-Interactivo-Dialógico (**NID**) al momento de analizar y comparar dichas concepciones con el lenguaje social científico sobre el tópico en cuestión y finalmente, él usa un enfoque **No Interactivo-de autoridad (NIA)**, el cual permitiría que los estudiantes empiecen a identificar los núcleos, esquemas y niveles de representación de la materia a partir de los cuales se lograría establecer un lenguaje científico común entre profesor y estudiantes para empezar a construir una comprensión conceptual de la química en el plano social del aula. Se destaca que los dos primeros enfoques abordan la mayor cantidad del tiempo de la lección en cuestión.



Tipo de interacción dialógica:

- Interactivo –dialógico;
- No interactivo-dialógico;
- No interactivo-de autoridad.

Gestión del aula⁸⁴(rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano. ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases: En círculo abierto y, trabajo individual.	Formular preguntas • El tipo de pregunta • La distribución de las preguntas • Preguntas con Tiempo de Espera	• La enseñanza directa, • la discusión, • el uso de prácticas científicas: prácticas experimentales.	El ciclo de aprendizaje sustentado bajo la herramienta de diseño de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

La evaluación formativa

A lo largo de la trayectoria de aprendizaje de la idea de discontinuidad de la materia, la evaluación formativa, tiene el propósito de:

⁸⁴ En este estudio la gestión y/o administración del aula es considerada como un principio de diseño de gran relevancia para promover el aprendizaje de un tópico específico. Por tal motivo, se ha tomado la decisión instruccional de incorporarla en cada una de las actividades de enseñanza-aprendizaje de las dos lecciones que configuran este Worked Example acerca de la naturaleza corpuscular de la materia. Asimismo, esta se sustenta bajo el marco teórico de la pedagogía general y específica (Abell et al., 2010).

- Explorar las concepciones alternativas de los estudiantes a cerca de:
 - el lenguaje de la química como un meta-sistema;
 - Los conceptos de sistema e interacción;
- Monitorear el nivel de compromiso cognitivo, social y actitudinal; comprensión y confusión de los estudiantes sobre el meta-sistema que fundamenta el aprendizaje de los conceptos de la química y, permite el desarrollo de los esquemas de pensamiento formal, usando para ello una rutina de organización del aula en trabajo individual. El profesor formula interrogantes y dirige la discusión a través de un enfoque dialógico e interactivo. Para finalizar, él cierra el discurso con un enfoque de autoridad.
- Monitorear el nivel de conciencia que tienen los estudiantes en cuanto a los niveles de representación de la química (macroscópico, submicroscópico y simbólico).
- Monitorear el desarrollo del proceso de diferenciación e integración de los niveles de representación macroscópico, submicroscópico y simbólico.
- Detectar incidentes críticos durante la interacción estudiante-estudiante y estudiante-profesor con el fin de generar in situ interrogantes que les permita a los estudiantes moverse hacia formas de pensamiento más sofisticadas.

¿Qué sucede durante esta actividad?

Como se explicitó tanto en los objetivos de enseñanza como en los resultados de aprendizaje que se pretende alcanzar por parte de los estudiantes, el propósito central de esta actividad es que ellos progresivamente se vayan familiarizando y se apropien del lenguaje que la química ha construido, comunicado y validado a lo largo de su historia. Así, se les pide a ellos que desarrollen la *actividad de aprendizaje No.1*, la cual, contiene una única tarea que los conduce a reflexionar e internalizar sobre el significado del constructo del meta-sistema como de los elementos que lo configuran.

El profesor abre el discurso presentándole a los estudiantes la figura No.1, usando para ello, un enfoque de estructura interactiva dialógica y, cierra la lección por medio de una interacción no interactiva- de autoridad. El propósito del discurso, es el de recoger y explicitar las múltiples posturas que han generado éstos durante los ciclos de discusión en pequeños grupos y con toda la clase.

Sesión plenaria

Tarea No. 1. Los estudiantes deben responder el siguiente interrogante ¿Qué significa el término meta-sistema?, y, ¿Qué importancia tiene éste para el aprendizaje de los contenidos conceptuales de la química?

Dicha tarea se inicia, cuando el profesor invita a los estudiantes a que reflexionen sobre el organizador previo (ver figura No.1), el cual, representa el meta-sistema que fundamenta el aprendizaje de los contenidos conceptuales y, favorece el desarrollo de los esquemas de pensamiento formal de la química. Ahora bien, esta tarea está diseñada con la intención explícita de volver consciente a los estudiantes sobre los cuatro elementos básicos del meta-sistema de la química. De esta manera, se considera pertinente que el profesor especifique dichos elementos epistémicos.

En esta fase de puesta en escena de la idea científica, se da apertura al discurso en el plano social del aula y se explicitan los puntos de vista de los estudiantes. Lo más probable, es que ellos no conozcan el significado del término meta-sistema y por tal razón, haya que apoyarlos en su construcción. De ahí, que sea pertinente iniciar interrogando, y luego, explorando a los estudiantes acerca de sus representaciones cotidianas de los constructos: *sistema e interacción*, ya que, éstos son mucho más familiares para ellos. Así pues, se les pidió que pensarán en situaciones cotidianas en donde se vieran involucrados dichos conceptos para ir progresivamente acercándonos a su construcción conceptual. Seguido, el profesor debe cuestionarlos acerca del significado del prefijo *Meta*. Si no lo conocen, este debe ser introducido y conceptualizado previamente para que ellos tengan las herramientas conceptuales para dar el significado al constructo. Finalmente, el uso de esta técnica favorece la discusión y genera la oportunidad para conducirlos a ellos a consolidar y esclarecer por qué razón, núcleos, esquemas y niveles de representación son considerados una meta-sistema⁸⁵, el cual, es crítico para maximizar la comprensión conceptual del currículum de la química.

Durante la fase de apoyo a la internalización, el profesor busca establecer consenso entre el significado que dan los estudiantes sobre dichos términos y el punto de vista científico de los mismos. Más adelante, el profesor formulará una serie de interrogantes a la audiencia, con el fin, de que ellos evidencien las relaciones existentes entre dichos elementos y, se destaque la importancia de ponerlos en interacción para ayudarlos a desarrollar las ideas o el modelo

corpuscular que les permita comprender la estructura, propiedades y transformaciones de la materia.

A partir de la actividad anterior, el profesor puede empezar a introducir y promover el desarrollo de los esquemas de interacción sistémica, la conservación de propiedades no observables y el equilibrio térmico, los cuales, seguirán siendo extendidos por medio de estas lecciones. Desde luego, estos principios han sido seleccionados deliberadamente para apoyar la comprensión conceptual de las ideas, conceptos y el desarrollo de las prácticas científicas que constituyen el currículum de la química. En este sentido, mediarán la construcción conceptual de la idea de la discontinuidad o naturaleza corpuscular de la materia y la elaboración de conceptos teóricos asociados a ella (i.e., partícula, átomos, propiedades físicas, estados y cambios físicos/químicos de la materia). Adicionalmente, es clave que el profesor les esclarezca a los estudiantes que a lo largo de todas las actividades de enseñanza, ellos deben estar conscientes en cuál de los elementos del meta-sistema del acto educativo de la química (nivel de representación, esquemas, núcleos y contenidos conceptuales), se estaría trabajando al momento de realizar una tarea.

Actividad de aprendizaje No.1: El meta-sistema que subyace al aprendizaje de los conceptos y al desarrollo de los esquemas de pensamiento formal de la química.

Organizador Previo No.1

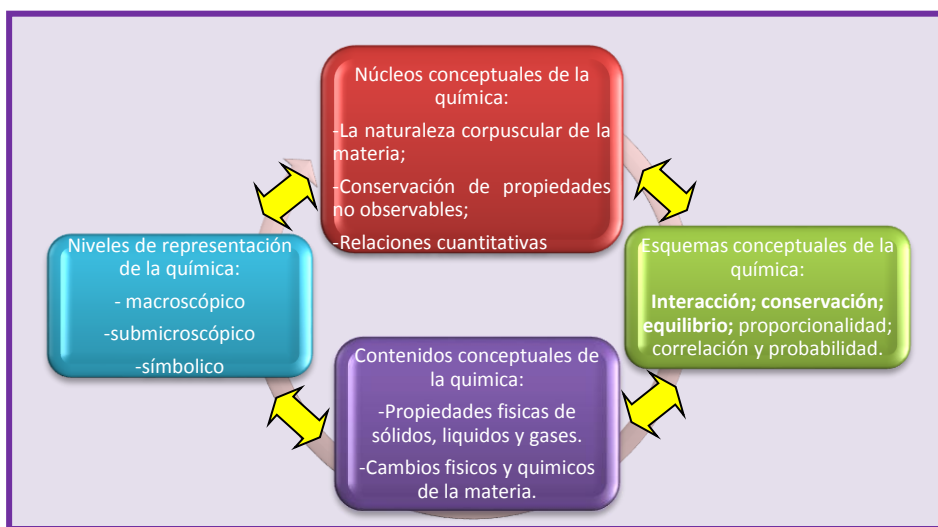


Figura No. 1. El meta-sistema que fundamenta el aprendizaje de los conceptos de la química y permite el desarrollo de los esquemas de pensamiento formal en los estudiantes (adaptado de Candela, 2010).

Tarea 1.

Responde a los siguientes interrogantes: *¿Qué significa el término “meta-sistema”?*, y, *¿Qué importancia tiene éste para el aprendizaje de los contenidos conceptuales de la química?*

Actividad de aprendizaje No.1a: ¿Cómo se representa y comunica el lenguaje de la química?**Objetivos de enseñanza**

- Animar a los estudiantes para que a partir de su conocimiento cotidiano logren la conceptualización de los tres niveles de representación de la química; de esta manera, el colectivo áulico se apropiaría de un lenguaje científico común en el desarrollo de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia.
- Enfrentar a los estudiantes con actividades de aprendizaje que les brinde la oportunidad para que expliciten sus concepciones alternativas sobre los tres niveles de representación, con el fin de que éstas comiencen a evolucionar hacia unas formas de pensamiento más elaborado.
- Promover en los estudiantes la negociación de significados y formas de significar a cerca de los tres niveles de representación de la química de manera cooperativa en el aula de química.
- Apoyar el uso del diario de clases como un instrumento que le brinda la posibilidad al estudiante de expresar de manera escrita su conceptualización sobre los tres niveles de representación de la química.

Resultados de aprendizaje:

Al final de la actividad, los alumnos serán capaces de:

- Reconstruir el concepto de representación que ellos explicitan en el plano social del aula tomando como referencia el presentado por la comunidad científica.

- Identificar los tres niveles de representación de la materia en situaciones concretas del mundo físico.
- Conceptualizar los tres niveles de representación de la química a través de una estructura de clase interactiva en donde se negocian significados y formas de significar entre el profesor y los estudiantes.
- Explicar los aspectos claves y, ejemplificar cada nivel en que se representa la química en el contexto de objetos materiales, fenómenos o procesos físico/químicos.
- Reconocer que la manera en que organizo mis explicaciones sobre el mundo subyacen a una lógica distinta al conocimiento científico. Adicionalmente, éstas presentan un menor grado de complejidad frente a la de los modelos científicos.
- Construir textos tomando en cuenta las normas de la coherencia y cohesión de un escrito de carácter formal.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

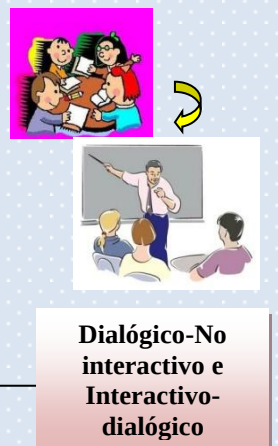
RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano. ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases: En círculo abierto y, trabajo individual.	Formular preguntas • El tipo de pregunta • La distribución de las preguntas • Preguntas con Tiempo de Espera	• La enseñanza directa, • la discusión, • el uso de prácticas científicas: prácticas experimentales.	El ciclo de aprendizaje sustentado bajo la herramienta de diseño de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

- **Hoja de trabajo: actividad de aprendizaje No.1a:** El lenguaje de la química: los tres niveles de representación.
- Tablero
- Diario de química.

Tipo de interacción discursiva

El profesor conforme una organización de la clase en grupos de (4) o (5) estudiantes le solicita a los estudiantes que analicen el organizador previo y a partir de él, discutan y den solución a cada una de las tareas problematizadoras mediante un enfoque **Dialógico-No interactivo (NID)**. A medida que van generando las respuestas ellos pasan a registrar sus respuestas individualmente en el diario de clase. Al final, el profesor dinamiza la clase en estructura de gran grupo para que los estudiantes expliquen y justifiquen sus respuestas ante el colectivo áulico usando un tipo de interacción **Interactiva-Dialógica (ID)**. Para cerrar el discurso el profesor utiliza un enfoque **Interactivo-De autoridad (IA)** para conceptualizar el significado de los tres niveles de representación de la materia desde el lenguaje social científico.



En esta actividad la mayor parte del tiempo se centrará en el discurso interactivo-dialógico. No obstante, al cerrar el discurso es clave introducir el conocimiento de los tres niveles de representación de la química desde el lenguaje científico.

Evaluación formativa:

Para esta actividad de enseñanza y aprendizaje la evaluación de tipo formativo pretende:

- Considerar las características particulares de los estudiantes con el propósito de brindar retroalimentación y aprovechar éstas para mediar el aprendizaje de los tres niveles de representación de la química.
- Atender y valorar las concepciones alternativas sostenidas por los estudiantes sobre el significado y utilidad de los tres niveles de representación de la química trabajando sobre su evolución hacia el lenguaje social científico.
- Monitorear el nivel de compromiso cognitivo, social, actitudinal y, la comprensión en el plano social e individual de los estudiantes sobre el significado y uso del lenguaje multinivel en la descripción, explicación y representación de objetos y fenómenos cotidianos.
- Evaluar la macro-estructura textual de los escritos que configuran los diarios de clase con el propósito de llevar a cabo una retroalimentación que les permita a los estudiantes ir refinando la escritura de textos de carácter formal.

¿Qué sucede durante esta actividad?

Después de observar y reflexionar sobre el triángulo de la representación multinivel de la química (ver organizador previo No.1), el profesor solicita a sus estudiantes que identifiquen objetos, fenómenos o procesos de cambio físico o químico del mundo cotidiano. El desarrollo de esta tarea les permitirá a los estudiantes identificar que la química es un instrumento teórico y experimental esencial para estudiar la naturaleza, comportamiento, propiedades y transformaciones de la materia. Para ello, se considera clave que los aprendices lleven a cabo una diferenciación e integración de elementos como objetos materiales, fenómenos y procesos, con la intención de evitar más adelante confusiones que ponen en riesgo la comprensión conceptual del núcleo de la discontinuidad de la materia. A continuación se representa la tabla a través de la cual se pretende promover dichos elementos:

Objetos materiales	Fenómenos o eventos del mundo físico	Procesos de cambio de la materia
Balón	balón desinflado	Balón desinflado que se hincha cuando se pone en contacto con el sol.
Hielo	Hielo que se derrite	Descongelamiento de los casquetes polares.
Perfume	Aplicación de perfume en una habitación cerrada.	Difusión del perfume por toda la habitación.
Azúcar	Agregar azúcar en agua	Disolución o mezcla homogénea de azúcar en agua.
mármol	Formación del mármol	Enfriamiento de la lava volcánica
Gas en un encendedor	Compresibilidad y combustión de un gas	Cambio de fase (liquida a gaseosa) para lograr la llama o combustión del gas.

Ahora bien, el propósito de la segunda tarea es que los estudiantes se inicien en la conceptualización del término *representación*, ya que éste, es fundamental para introducir a los estudiantes en el lenguaje social científico, en el que las representaciones son los instrumentos de pensamiento (ideas, conceptos, modelos, símbolos y formulas) capaces de dar sentido y significado a las propiedades físicas, los cambios y las transformaciones de la materia. Según la evidencia empírica, algunos estudiantes consideran que una representación es una gráfica, un dibujo o una maqueta de un objeto o fenómeno, mientras, otros explicitan que son símbolos o letras de algo que se estudia (i.e., el agua se representa con los símbolos H_2O); y muy pocos, hacen referencia a modelos, conceptos o ideas abstractas para explicar un objeto o fenómeno del mundo. Desde la perspectiva del lenguaje social científico una representación es conceptualizada como una idea, concepto o modelo que se hace sobre algún

objeto, fenómeno o proceso, por medio de nuestro sistema sensorial para luego almacenarlo en nuestro aparato cognitivo.

A continuación, el profesor les pide a los estudiantes que revisen el organizador previo denominado el triángulo de la representación multinivel de la química con el que se pretende que ellos a través de la observación y reflexión logren identificar cada uno de los niveles en que se está representando la sustancia (cloruro de sodio) en el gráfico. Es bien sabido que los estudiantes que llegan a la escuela secundaria cuentan con un conocimiento implícito y muy poco diferenciado acerca del lenguaje en que se representa la química (los núcleos conceptuales, niveles de representación y esquemas conceptuales). Adicionalmente, los estudiantes presentan fuertes concepciones alternativas derivadas de su interpretación de sentido común, en la que representan el mundo macroscópico como todo aquello que se puede ver, tocar y sentir principalmente. Asimismo, muchos de ellos interpretan el nivel de representación submicroscópico como el conjunto de seres vivos y objetos materiales que no se pueden ver, ya que, son de tamaño diminuto”. En efecto, algunos estudiantes presentan una concepción animista derivada de un aprendizaje de carácter biológico en el que se estudian los virus, bacterias, las células. Mientras que un grupo más pequeño y un poco mas adelantados, los conciben como partículas, átomos o moléculas que se encuentran a escalas submicroscópicas, pero les atribuyen existencia material” y, en efecto, no son capaces de establecer diferencias conceptuales entre ellas.

De otro lado, el nivel simbólico es directamente relacionado con la tabla periódica y representado a través de símbolos de algunos elementos químicos y moléculas, como el agua (H_2O). En definitiva, la mayoría de los estudiantes llegan al aula de química sin haber hecho una diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química, a pesar de que muchos de ellos utilicen estos tres tipos de representación para comunicarse y darle sentido a los fenómenos químicos.

En definitiva, con el planteamiento del interrogante se pretende que los estudiantes activen sus representaciones intuitivas y al observar el grafico, ellos vuelvan consciente los tres niveles de representación de la química y así, lo puedan transferir a un nuevo fenómeno en estudio. De hecho, esta actividad de aprendizaje promueve en su inicio, el desarrollo del pensamiento concreto que es coherente con la edad, el desarrollo cognitivo y el contexto singular de los estudiantes. Por consiguiente, las demás tareas buscan seguir consolidando dicha comprensión conceptual del lenguaje de la química y por tanto, el profesor deberá hacer mayor énfasis en ellas.

A continuación, se considera importante explicitar cada uno de los significados de estos para que comiencen a superar la dificultad de la indiferenciación de los tres niveles con los que llegan a las clases de química. Así, los estudiantes después de un período de discusión cooperativa y reflexión (estructura de pequeños grupos de discusión), deberán conceptualizar de manera consensuada y con el apoyo de su profesor, los siguientes significados muy próximos al lenguaje social científico:

- a. **El nivel de representación macroscópico o descriptivo** es aquel que permite construir las ideas de los objetos, fenómenos, procesos y estados mentales, posibilitando a las personas predecir, controlar y adaptarse al medio; para ello, se utiliza el sistema sensorial como instrumento de descripción de los fenómenos naturales y físicos. Por ejemplo, las personas pueden describir las propiedades de los objetos y los procesos de cambio físico/químico de la materia.
- b. **El nivel de representación submicroscópico o explicativo** son construcciones sociales, cuyo producto son los modelos teóricos. Éstos le son útiles al hombre para darle sentido a los fenómenos sociales, naturales y físicos. Es decir, que este nivel de representación le sirve al sujeto para explicar los eventos de su cotidianidad, y, de esta manera volver predecible y controlable su entorno. De ahí, que estos instrumentos de pensamiento no representan una copia exacta de la realidad.
- c. **El nivel de representación simbólico o representativo** es utilizado para modelar tanto el mundo macroscópico como el submicroscópico y, para ello se utilizan símbolos, gráficos, fórmulas matemáticas, mecanismos de reacción, analogías y modelos analógicos; ecuaciones, fórmulas y símbolos químicos.

Actividad de aprendizaje No.1a: ¿Cómo se representa y comunica el lenguaje de la química?

(Puesta en escena y apoyo a la internalización del lenguaje multinivel de la química)

Organizador previo No.2

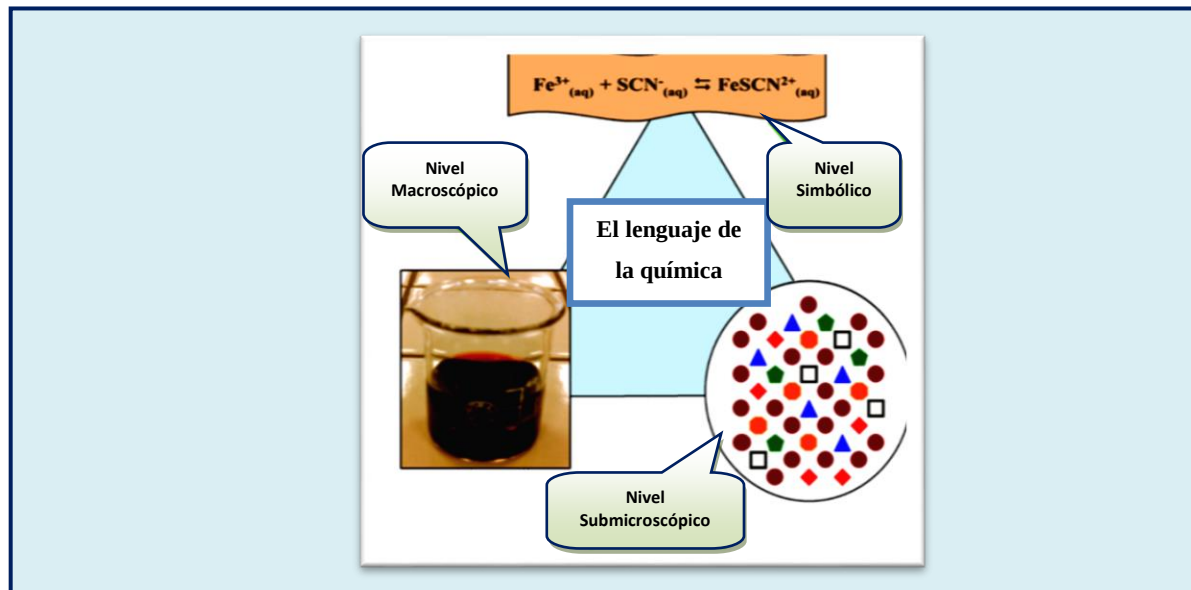


Figura X. Organizador previo que destaca los tres niveles de representación o el lenguaje multinivel de la química.

TAREAS PROBLEMATIZANTES

Tarea 1. Especifica objetos materiales, fenómenos y procesos físicos o químicos de su vida cotidiana. A partir de ello, establece una diferenciación e integración de tales elementos como se presenta en la siguiente tabla:

Objetos físicos	Fenómenos o eventos del mundo físico	Procesos de cambio de la materia
Balón		
Hielo		
Perfume		
Azúcar		
mármol		
Gas en un encendedor		

Tarea 2. Conceptualiza el constructo de “*representación*” y, valora su importancia para la comunidad científica.

Tarea 3. Observa la representación iconográfica en la figura No.2. A partir de ella, identifica los niveles en que se representa el lenguaje de la comunidad científica.

Tarea 4. Reflexionen acerca del significado de cada uno de los niveles de representación de la química a saber: macroscópico, submicroscópico y simbólico. ¿Qué aspectos claves representa cada uno de los niveles para la interpretación de la naturaleza, estructura, propiedades y transformaciones de la materia? Consigna tus resultados en la siguiente tabla de formato discontinuo:

Tipo de lenguaje	Niveles de representación de la química		
	Macroscópico o descriptivo	Submicroscópico o explicativo	Simbólico
Lenguaje social cotidiano			

Tabla No. 2. Tabla para integrar y diferencia el lenguaje multinivel.

Tarea 5. Representa el lenguaje de la ciencia (niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico) en el contexto de una entidad material, fenómeno o proceso físico/químico del mundo cotidiano.

Tarea 6. Desarrolla la competencia de escritura coherente y comprensiva de la clase en tu diario personal de química. Adicionalmente, realiza el proceso de aprendizaje metacognitivo:

6.1 Una nueva idea aprendida: _____

6.2 Una idea en conflicto: _____

6.3 Un nuevo interrogante a formular: _____

Actividad de aprendizaje No.1b. ¿Cómo se representa el cloruro de sodio en el lenguaje de la química?⁸⁶

(Traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante acerca del lenguaje multinivel de la química)

⁸⁶ Con esta actividad de aprendizaje se pretende dar traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante, transfiriendo los conocimientos aprendidos en nuevos contextos problemáticos.

Objetivos de enseñanza

- Trabajar sobre las ideas en conflicto acerca de la diferenciación e integración de los tres niveles de representación, con el fin de que el estudiante continúe con el desarrollo éstos, tanto en los escenarios académicos como cotidianos.
- Brindar la oportunidad para que los estudiante utilicen de manera integrada los tres niveles de representación tanto para darle sentido a los fenómenos químicos, como para apoyarse en éstos durante el aprendizaje de los otros tópicos del currículum de la química.
- Apoyar a los estudiantes en el desarrollo de competencias lingüísticas, tales como: hablar, leer y escribir en el lenguaje de la química.
- Introducir en el aula de química el desarrollo de una *demonstración* científica, con el fin, de ser el vehículo a través del cual los estudiantes internalicen sus ideas existentes acerca del lenguaje de la química en conjunción con los esquemas conceptuales que subyacen a éstos.
- Dar traspaso de responsabilidad del proceso de enseñanza/aprendizaje de profesor a estudiante, al representar el lenguaje de la química, en un nuevo fenómeno natural.

Resultados de aprendizaje

Al final de la actividad, los alumnos serán capaces de:

- Utilizar de manera integrada los tres niveles de representación, tanto para darles sentido a los fenómenos químicos como para continuar con el aprendizaje del currículum de la química.
- Reconocer que los conceptos construidos y las explicaciones de nivel macroscópico, submicroscópico y simbólico pueden estar en conflicto y en consecuencia, éstas deben ser esclarecidas con el apoyo del profesor.
- Plantear representaciones en los tres niveles para el cloruro de sodio o sacarosa.
- Consolidar sus ideas acerca del lenguaje en que se representa la química para acceder a la descripción macroscópica, la explicación submicroscópica y la representación simbólica de las propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases.
- Registrar a través de un texto con coherencia y cohesión las observaciones y respuestas a las tareas problema planteadas por el profesor a cerca del lenguaje en que se representa la química.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza):

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS PEDAGOGICAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano. ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases: - pequeños grupos de discusión. - Gran grupo.	Formular preguntas • Tipo de pregunta • La distribución de las preguntas. • Preguntas con tiempo de Espera. • Dar instrucciones.	• El POE • Desarrollo de prácticas científicas: <i>Practica experimental con el cloruro de sodio.</i> • Uso de imágenes o ilustraciones: textos con formato discontinuo.	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

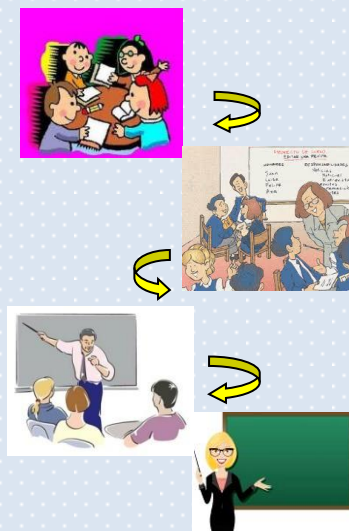
Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

Los estudiantes utilizarán:

- Hoja de trabajo: actividad de aprendizaje No.1c: ¿Cómo se representa el cloruro de sodio en el lenguaje de la química?
- Tablero
- Vidrio de reloj
- Muestra de cloruro de sodio (sólido).
- Lupa de aumento.
- Diario de química.

Tipo de interacción discursiva

El profesor asume una organización de la clase en grupos de (4) o (5) estudiantes, solicitándoles que analicen el organizador previo o gráfico con formato de tipo discontinuo a la par que desarrollan la practica experimental. A partir de él, ellos completaran la tabla en la que deben explicitar a partir del lenguaje social científico los tres niveles de representación de la sustancia dada (el cloruro de sodio) usando un tipo de interacción **No interactivo-Dialógico (NID)** en donde los estudiantes registran sus respuestas individualmente en el diario de química. Después de unos minutos, el profesor explora y monitorea el nivel de compromiso, comprensión y confusión empleando un enfoque **Interactivo-Dialógico (ID)**. Luego, el profesor dinamiza la clase en estructura de gran grupo para que los estudiantes expliquen y justifiquen sus respuestas ante el colectivo áulico utilizando un enfoque **Interactivo-de autoridad (IA)**, al tiempo que el profesor contrasta los dos lenguajes. Finalmente, se sigue un enfoque **No Interactivo-de autoridad (NIA)**, ya que, el discurso se centra en el lenguaje social científico para dar conclusiones y cerrar el discurso.



- Dialógico-No interactivo;
- Dialógico-interactivo;
- Interactivo de autoridad;
- No interactivo-de autoridad.

Evaluación formativa

El proceso de evaluación formativa durante el desarrollo de esta actividad de aprendizaje tiene como propósitos claves:

- Monitorear el nivel de desarrollo del proceso de diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química, con el fin de detectar incidentes críticos que permitan ofrecer una retroalimentación a los estudiantes.
- Evidenciar el grado de implementación de los niveles de representación de la química cuando los estudiantes describen, explican y representan la naturaleza química de sustancias como el cloruro de sodio y la sacarosa.
- Dar retroalimentación al proceso de la diferenciación e integración de los tres niveles de representación en el fenómeno del cloruro de sodio a través de la técnica de formular interrogantes, usando una rutina de organización de la clase en pequeños grupos de discusión.
- Visualizar el grado en el que los estudiantes están tomando conciencia del rol activo que deben desempeñar en su trayectoria de aprendizaje tanto en el plano social como personal para acceder a la diferenciación e integración del lenguaje multinivel.
- Generar la oportunidad de que los estudiantes y el profesor realicen el proceso de auto, co- y hetero-evaluación del conocimiento aprendido.

¿Qué sucede durante esta actividad?

Con esta actividad se pretende que el profesor de traspaso de responsabilidad a los estudiantes fortaleciendo el establecimiento del lenguaje formal en el plano social del aula de química. Para ello, se plantea una práctica experimental muy sencilla usando una rutina de organización del aula en grupos cooperativos, en la que se les entrega en un vidrio de reloj una porción de una sustancia incógnita⁸⁷ y una lupa para la observación detallada. Para esta actividad es pertinente seleccionar las técnicas de formular interrogantes a través de un circuito de preguntas y respuestas junto con la de dar instrucciones:

⁸⁷ Esta sustancia puede ser cloruro de sodio o azúcar de caña. Así, ellos fácilmente podrán hacer uso de su aparato sensorial para identificarla. Adicionalmente, se pretende que ellos describan para dicha sustancia los tres niveles de representación.

P: Observen la sustancia dada. Se les sugiere que utilicen la lupa de aumento para que identifiquen la naturaleza de la sustancia que está en el vidrio de reloj. **¿Es la misma sustancia que se muestra en el gráfico?**

P: **¿En qué nivel de representación estamos trabajando? ¿Por qué?**

Se les brinda a los estudiantes la técnica de pregunta con tiempo de espera para que los estudiantes puedan reflexionar y responder de manera más consistente con la situación en estudio. Se esperaría que ellos respondieran que en el nivel de representación macroscópico, ya que, están haciendo uso de su sistema sensorial con el cual, interactúan con la sustancia y, éste les permite describir dicha sustancia. Además, se espera que ellos hayan internalizado que este nivel permite construir las ideas de los objetos, fenómenos, procesos y estados mentales, posibilitando a las personas predecir, controlar y adaptarse al medio.

A continuación de esta secuencia de preguntas y respuestas, se les solicita que usen el nivel de representación submicroscópico brindando la oportunidad de tiempo de espera para ello. El profesor pasa por los grupos cooperativos escuchando sus respuestas. Si es necesario, hay que dar oportunidad para explorar y esclarecer significados ya que muchos estudiantes cuentan con un conocimiento de la materia muy fragmentado ya que ellos asimilan el conocimiento científico de nivel submicroscópico, a partir, de marcos explicativos de nivel de representación macroscópico. Así pues, él debe monitorear el nivel de comprensión y confusión apoyándolos para que entiendan que las representaciones macroscópicas no son suficientes para explicar la naturaleza y comportamiento fenómenos y transformaciones de la materia (el cloruro y en consecuencia, se necesitan aplicar las ideas científicas, conceptos y esquemas conceptuales)

P: Después, el profesor escribe la fórmula del cloruro de sodio y/o sacarosa en el tablero y solicita a los estudiantes que observen el ejemplo dado. Así pues, él formula un nuevo interrogante:

P: **¿En qué nivel estamos trabajando ahora?**

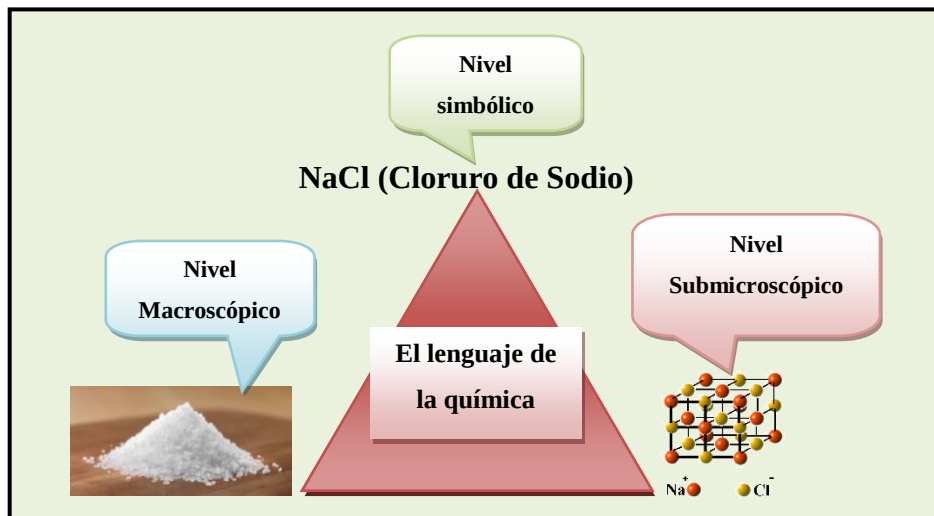
E: Se espera que ellos respondan que en el nivel simbólico.

P: Se les pregunta ¿Por qué? La intención es que ellos expliciten que se está representando la fórmula química del cloruro de sodio (NaCl).

Para concluir la actividad, se utiliza la estrategia del debate o plenaria en gran grupo para socializar y monitorear el nivel de confusión y comprensión del tema. Adicionalmente, los estudiantes deben completar la figura en el diario de química.

Actividad de aprendizaje No.1b. ¿Cómo se representa el cloruro de sodio en el lenguaje de la química?

Organizador previo No.3



TAREAS PROBLEMATIZANTES:

Tarea 1. Diferencia e integra los tres niveles de representación para el cloruro de sodio, a partir, de la apropiación conceptual que has alcanzado del lenguaje social científico. Completa la tabla y socialízala ante el colectivo áulico.

Tipo de lenguaje social	Niveles de representación de la química		
	Macroscópico o descriptivo	Submicroscópico o explicativo	Simbólico
Lenguaje social científico			

Tarea 2. ¿Qué elemento del meta-sistema que fundamenta el aprendizaje de los conceptos de la química y el desarrollo de los esquemas de pensamiento formal de la química se está potencializando en esta actividad.

Actividad de aprendizaje No.1c: Un modelo del concepto de modelo:

¿Qué hay dentro del sistema caja?

Objetivos de enseñanza

- Brindar a los estudiantes oportunidades para que comiencen a potencializar los esquemas conceptuales de la química en un nivel cualitativo de complejidad.
- Introducir gradualmente al estudiante en el proceso de modelización como una herramienta cognitiva clave, para la elaboración e internalización de las grandes ideas y conceptos que componen el modelo corpuscular de la materia a partir de la elaboración e interacción con un modelo concreto.
- Abordar explícitamente la naturaleza relativista y abstracta de los modelos científicos con el fin de comprender que la comunidad erudita investiga día a día, para acceder a nuevos modelos o teorías que serían utilizadas por ellos, para interpretar un rango más amplio de propiedades, cambios y transformaciones de la materia.
- Promover la interacción dialógica como una herramienta clave para gestionar el aprendizaje del conjunto de tareas diseñadas en esta actividad.
- Solicitar que los estudiantes elaboren un texto con coherencia y cohesión donde aborden la conceptualización de los diferentes esquemas conceptuales de la química, con el fin, de que ellos continúen con el desarrollo de las competencias lingüísticas.

Resultados de aprendizaje

Al final de la actividad, los alumnos serán capaces de:

- Iniciar el desarrollo de los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación de propiedades observables y equilibrio térmico, los cuales apoyan la comprensión y el aprendizaje del currículum de la química.
- Elaborar la conceptualización de modelo científico como una construcción abstracta que resulta del proceso de la experimentación y la negociación de significados y formas de significar dentro de una comunidad de aprendizaje. Llevar a cabo el proceso de construcción del concepto de modelo científico.

- Valorar la importancia de la modelización y uso de los modelos en el proceso de construcción, comunicación y validación del conocimiento científico, comprendiendo sus limitaciones al momento de interpretar un rango más amplio y sofisticado de objetos, estados y procesos de cambio físico y químico de la materia.
- Desarrollar una visión compartida de los resultados y conclusiones obtenidas del proceso de modelización a través de la cual se contrastan los lenguajes sociales cotidiano y científico en el aula de química.
- Consolidar la apropiación conceptual del lenguaje de la química a través del desarrollo de tareas problematizantes que destacan el componente teórico y práctico.
- Continuar extendiendo sus competencias lingüísticas y comunicativas en el plano social del aula para luego internalizarlas en su plano individual.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano. ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases: - pequeños grupos de discusión. - Circulo abierto o Gran grupo. - Trabajo individual.	Formular preguntas • Tipo de pregunta • La distribución de las preguntas. • Preguntas con tiempo de Espera.	• la discusión. • El POE • La modelización • Desarrollo de prácticas científicas tales como: el planteamiento de hipótesis, la justificación y la actividad de modelización escolar.	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

Los estudiantes utilizarán:

- Hoja de trabajo: actividad de aprendizaje No.1b: Un modelo del concepto de modelo: ¿Qué hay dentro del sistema caja?
- Tablero
- Una caja de cartón que incluye diversos objetos materiales (vasos desechables, monedas, papel en trocitos, canicas, plastilina, piedras pequeñas, entre otros).
- Diario de química.

Tipo de interacción discursiva

El profesor conforma una organización de la clase en grupos de (4) o (5) estudiantes e invita a los estudiantes a que realicen lectura comprensiva de la nueva actividad de aprendizaje que se está introduciendo en el aula. El profesor dirige el desarrollo de cada una de las tareas problematizadoras usando un enfoque **Dialógico interactivo (ID)** para explorar y dejar explícitas las ideas cotidianas sobre y **Dialógico-No interactivo (NID)** para comparar y contrastar los lenguajes cotidiano y científico. A medida que van generando las respuestas ellos pasan a registrarlas individualmente en el diario de clase. Al final, el profesor sigue orquestando la clase usando una rutina de organización del aula en grupos cooperativos seleccionando un monitor más adelantado, para que sea él, quien explique y justifique sus respuestas ante el colectivo áulico usando para ello, un enfoque **Dialógico-Interactivo**. Para finalizar la actividad y cerrar el discurso él utiliza un enfoque **No interactivo-de autoridad** para elaborar conclusiones y establecer los resultados.



**Interactivo
Dialógico; -No
interactivo -
Dialógico y No
interactivo-de
Autoridad.**

EVALUACION FORMATIVA

El proceso de evaluación formativa durante el desarrollo de esta actividad de aprendizaje tiene como propósitos claves:

- Atender y valorar las concepciones alternativas que sostienen los estudiantes acerca de la práctica científica del modelado.
- Monitorear el nivel de desarrollo de los estudiantes en cuanto a la práctica científica, dado que, ésta es un elemento clave para la construcción y comunicación del conocimiento de la química.
- Considerar las principales dificultades conceptuales o conflictos cognitivos que surgen al momento de desarrollar la práctica científica del modelado.
- Considerar las principales dificultades conceptuales o posibles conflictos cognitivos que surgen al momento de contrastar el conocimiento cotidiano con el científico acerca de los esquemas conceptuales de interacción sistémica y conservación de propiedades, reconociendo que éstas deben ser esclarecidas y resueltas entre el profesor y los estudiantes.
- Monitorear el nivel de compromiso cognitivo, social, actitudinal y la apropiación conceptual de los estudiantes sobre la elaboración del concepto de modelo y el

desarrollo de los esquemas conceptuales de interacción sistémica y conservación de propiedades macroscópicas.

- Apoyar la capacidad de los estudiantes para generar explicaciones descriptivas y simbólicas acerca de una posible interpretación modelada del fenómeno de la caja hipotética utilizando para ello el nivel de representación macroscópico.
- Posibilitar la verbalización y la producción escrita de los diferentes puntos de vista cotidiano y científico, contrastarlos y pactar una nueva forma de dar sentido y significado a los fenómenos naturales.
- Dar paso a la interacción dialógica como una herramienta epistémica para explicitar, contrastar y comunicar las concepciones alternativas, los conocimientos prerequisites y el lenguaje científico en el plano social del aula de química.

¿Qué sucede durante esta actividad?

Esta actividad de aprendizaje ha sido informada y validada por la literatura en educación en ciencias para ser utilizada con la doble intención de favorecer explícitamente el desarrollo de la modelización y, comenzar a consolidar el marco teórico que funda a esta práctica científica. Vale la pena destacar, que las tareas han sido adaptadas según el contexto singular de enseñanza. Así pues, éstas fueron seleccionadas y secuenciadas guardando una lógica con la que se pretende, en primer lugar, que los estudiantes sigan robusteciendo el establecimiento de un lenguaje o jerga científica entre profesor-estudiantes y estudiante-estudiante; en segundo lugar, que comiencen a establecer relaciones entre los diferentes conceptos que subyacen a un fenómeno natural con el fin de darle sentido a éste. Adicionalmente, dicha actividad le sigue brindando a los estudiantes la posibilidad de continuar desarrollando los esquemas conceptuales de interacción sistémica y conservación de propiedades observables, los cuales serán el punto de partida para acceder más adelante a los esquemas conceptuales de la conservación de propiedades no observables y el equilibrio térmico.

Durante el desarrollo de esta actividad el profesor utilizará la estrategia pedagógica del **POE** (Predecir, Observar y Explicar), dado que, ésta les permite a los estudiantes articular el conocimiento de que subyace a la práctica científica del modelado con los conocimientos que ya posee, y de esta manera poder continuar utilizando esta práctica a lo largo de las otras lecciones que estructuran el currículum de la química. Naturalmente, las primeras tareas (1 a 5) están diseñadas para que los estudiantes interactúen con los sistemas materiales del mundo

macroscópico (la caja hipotética) y a partir de este evento, desarrollen el proceso de modelización. Un ejemplo de ello, se encuentra en la tarea 5, la cual ha sido diseñada para promover una descripción macroscópica consenso de propiedades observables de algunos de los objetos materiales explicitados por los diferentes grupos de discusión. Así pues, ellos se ven involucrados en completar la siguiente tabla a partir de la descripción del objeto investigado, la caja hipotética:

OBJETOS MATERIALES HIPOTÉTICOS	Representación iconográfica	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS OBJETOS HIPOTÉTICOS						
		Forma	Tamaño	Volumen	Peso	Tipo de material	Estado de la materia	Densidad
Piedras								
Monedas								
Palitos de madera								
Canicas								
tornillos								

De esta manera, se verán involucrados en el desarrollo de prácticas científicas, tales como: el planteamiento de hipótesis y justificación argumentada de sus modelos explicativos desde la evidencia. Adicionalmente, algunas de las tareas (2 a 6) pretenden fortalecer el desarrollo del esquema conceptual de la interacción sistémica e iniciar el desarrollo del esquema de la conservación de propiedades observables de la materia, con el fin, de acceder progresivamente al esquema de la conservación de propiedades no observables. De hecho, este último ha sido secuenciado para abordarse en la siguiente lección, puesto que se requiere de la construcción anticipada del modelo corpuscular de la materia.

Finalmente, las tareas (7 a 12) han sido diseñadas para apoyar el desarrollo de las competencias comunicativas y lingüísticas, instrumentos esenciales, para maximizar tanto la comprensión conceptual del lenguaje multinivel de la química, como para volver consciente a los estudiantes sobre la naturaleza epistemológica de los modelos científicos; la construcción de representaciones; y, la comunicación de los resultados y conclusiones elaboradas por los grupos representativos y el profesor.

Actividad de aprendizaje No.1c: Un modelo del concepto de modelo:

¿Qué hay dentro del sistema caja?⁸⁸

Estimados estudiantes soy el científico “HIPOTETICÓN” y quiero que me ayudes a **imaginar la naturaleza de los objetos que hay al interior de una caja sin llegar a abrirla**. La intención es llegar a resolver un caso muy especial. En verdad, creo que ustedes me pueden ayudar. Espero su colaboración. Para ello, deben conformar grupos de 5 estudiantes para que trabajen colaborativamente y juntos me puedan resolver este caso hipotético...



¡Estaré muy atento a todas las predicciones y argumentos que ustedes planteen ya que necesitamos la construcción de un modelo explicativo que nos permita interpretar la realidad de muchos fenómenos físicos del mundo. ¡Adelante, lo lograremos!

Tareas problematizantes

1. Observa bien la caja, tócala, muévela, sacúdela, sopésala, gírala y escucha el sonido que se produce.
2. Responde a la siguiente formulación: ¿En qué nivel de representación de la química nos estamos movilizandando?
3. ¿Cuál o cuáles son las posibles causas del sonido generado al mover el sistema caja?
4. ¿Por qué se puede considerar la caja como un sistema en interacción? ¿Qué podrían intercambiar los objetos hipotéticos que están dentro de la caja?
5. Identifica las características observables que permitan describir de la manera más detallada al sistema caja u objeto de referencia. Explicítalos. Registra estas observaciones como datos a través de la siguiente tabla, que permita ver éstos de manera ordenada:

⁸⁸ Actividad de aprendizaje adaptada del libro didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria Sanmarti (2009) al contexto de aula de la Institución Educativa Eustaquio Palacios, 2014.

OBJETOS MATERIALES HIPOTÉTICOS	Representación Iconográfica	PROPIEDADES FÍSICAS (NO OBSERVABLES) DE LOS OBJETOS HIPOTÉTICOS						
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								

6. Interpreta los datos recogidos, luego, construye una primera hipótesis sobre el contenido dentro del sistema caja y, describe las posibles características⁸⁹ macroscópicas (no son observables) que imaginas tienen los objetos que configuran al sistema en cuestión.

7. ¿Después de que el sistema caja se deja en reposo, cuáles características de los objetos que constituyen dicho sistema, creen ustedes se conservan?

8. Modela a través de representaciones iconográficas los diferentes componentes del sistema caja.

9. Compara los resultados obtenidos con los demás pequeños grupos de discusión, para ello deberían de tomar como referencia a las características predichas.

10. Recapitula el concepto de modelo científico. Para ello, utiliza los conocimientos adquiridos en las actividades de aprendizaje anteriores.

11. Elabora tus conclusiones a partir de los datos recogidos y razona argumentadamente, el por qué has llegado a plantear hipótesis similares o diferentes de otros grupos.

12. Socializa a tus pares las conclusiones que han resultado del contraste entre la hipótesis formulada previamente y los datos recogidos durante la indagación.

⁸⁹ Las posibles características de los objetos materiales que se espera que los estudiantes diluciden a través de esta tarea de aprendizaje son: forma, tamaño, cantidad de materia, volumen y tipo de material del que está hecho (a).

Finalmente, puedes abrir el sistema caja y comprueba si tu hipótesis planteada está en coherencia con la propuesta por el colectivo áulico.

Actividad de aprendizaje No.1d: La comida de Ícaro

PREGUNTA CLAVE: ¿Por qué se enfría la comida de Ícaro?

Objetivos de enseñanza

- Trabajar sobre la conceptualización que los estudiantes elaboraron de los tres niveles de representación de la química desde el lenguaje social científico.
- Apoyar al estudiante en el desarrollo de los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación y equilibrio térmico.
- Promover y destacar en los estudiantes la diferenciación e integración de los tres niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) en el contexto del calentamiento y enfriamiento de los sistemas materiales a partir de la construcción de murales.
- Preparar la trayectoria conceptual de la idea de discontinuidad de la materia en la lección No. 2 y, los conceptos de temperatura y calor, en las subsiguientes lecciones.

Resultados de aprendizaje

Al final de la actividad, el estudiante los alumnos serán capaces de:

- Activar el pensamiento del estudiante hacia el uso de representaciones descriptivas del fenómeno en estudio.
- Diferenciar e integrar los tres niveles de representación de la materia en el contexto del calentamiento y enfriamiento de los sistemas materiales.
- Reconocer que para comprender los procesos de cambio físico y químico se requiere del desarrollo de los esquemas conceptuales de la química.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano. ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases: - pequeños grupos de discusión. - Circulo abierto o Gran grupo. - Trabajo individual.	Formular preguntas: • Tipo de pregunta • La distribución de las preguntas. • Preguntas con tiempo de Espera.	• la discusión. • El POE • Desarrollo de prácticas científicas, tales como: el planteamiento de hipótesis, la justificación y el desarrollo de representaciones iconográficas.	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

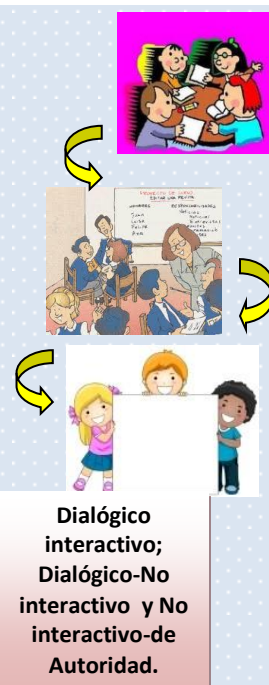
Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

Los estudiantes utilizarán:

- Hoja de trabajo: actividad de aprendizaje No.1d: *La comida de Ícaro*
- Tablero
- Diario de química.
- Pliego de papel para murales, rollo de cinta, marcadores y regla.

Tipo de interacción discursiva

El desarrollo de la actividad se centra en la discusión entre estudiante-estudiante. El rol del profesor será el de explorar las posibles inconsistencias e incomprensiones que se generen a través del proceso de retroalimentación entre estudiantes. Así pues, en su paso por cada grupo, él deberá monitorear el nivel de compromiso, confusión y comprensión hacia una mejor apropiación del esquema de interacción sistémica. Adicionalmente, durante el desarrollo de esta actividad se introduce por primera vez el desarrollo del esquema de equilibrio térmico, el cual, se convierte también, en una idea de apalancamiento para acceder más adelante a la comprensión de los procesos de cambio físico y químico de la materia. En consecuencia, la actividad se mueve desde un enfoque **interactivo-dialógico (ID)** hacia un enfoque **interactivo de autoridad (IA)**.



Evaluación formativa

El proceso de evaluación formativa cumplirá la finalidad de:

- Monitorear el nivel de desarrollo del proceso de diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química, con el fin de detectar incidentes críticos que permitan ofrecer una retroalimentación a los estudiantes.
- Evidenciar el grado de implementación de los niveles de representación de la química cuando los estudiantes describen, explican y representan el fenómeno del **¿Por qué se enfría la comida de Ícaro?**
- Brindar retroalimentación al proceso de la diferenciación e integración de los tres niveles de representación en el fenómeno del enfriamiento de la comida de Ícaro, a través de la técnica de formular interrogantes, usando una rutina de organización de la clase en pequeños grupos de discusión.
- Visualizar el grado en el que los estudiantes están tomando conciencia del rol activo que deben desempeñar en su trayectoria de aprendizaje tanto en el plano social como personal para acceder a la diferenciación e integración del lenguaje multinivel.
- Apoyar a los estudiantes en la utilización de los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación y equilibrio térmico necesarios para explicar consistentemente el fenómeno de la transferencia de calor de un sistema material a otro, a través, del diseño de tareas de tipo teórico.

¿Que sucede en esta actividad?

Durante esta actividad el profesor coordina una sesión de intercambio de ideas en la que se explicitan los puntos de vista cotidianos a partir de la identificación de la situación problematizadora, "*La comida de Ícaro*", con la intención de dar apertura al discurso de los estudiantes. De hecho, con la primera tarea se pretende activar el pensamiento del estudiante hacia el uso de representaciones descriptivas del fenómeno en estudio a partir del siguiente interrogante: **¿Cuál es la situación problemática que se narra en la historia científica?**

Así pues, el profesor apoya a los estudiantes a que desarrollen modelos interpretativos de nivel macroscópico que traten de dar explicación al fenómeno del ¿por qué se enfría la comida de Ícaro?. Ellos trabajan en equipos cooperativos de cuatro a cinco estudiantes. Con

esta tarea, se invita a los estudiantes a examinar las formas de representar el fenómeno de la comida de Ícaro utilizando, para ello, los apuntes que han recogido hasta este momento y que están registrados en el diario de química. Se espera que los estudiantes activen su memoria a largo plazo para dar interpretación macroscópica al fenómeno del enfriamiento. No obstante, los estudios empíricos sobre las concepciones alternativas sostienen que los estudiantes se limitan a explicar el mundo a través de modelos descriptivos sin llegar a establecer ningún vínculo con otras representaciones multinivel. En cuanto a la enseñanza, muchos profesores tampoco son conscientes de la necesidad de diferenciar e integrar los tres niveles de representación evitando sobrecargar la memoria de trabajo del estudiante al movilizarse entre uno y otro. En consideración, las tareas han sido diseñadas para superar estas dificultades a través de la estrategia **POE**. Así, además de promover la diferenciación e integración de los tres niveles de representación, se fortalecería de manera conjunta, el desarrollo de los esquemas conceptuales y las prácticas científicas de observación, planteamiento de hipótesis, argumentación y, el desarrollo de representaciones iconográficas en una dimensión.

A continuación, el profesor escenifica con un nivel de profundidad mayor el desarrollo de los esquemas conceptuales de interacción sistémica y equilibrio térmico. Vale la pena aclarar, que no es momento todavía, para involucrar a los estudiantes en una conceptualización y diferenciación de los constructos de temperatura y calor y, mucho menos en elaborar modelos interpretativos de nivel submicroscópico del fenómeno de la transferencia de calor, ya que, no se ha desarrollado aún el modelo corpuscular y por consiguiente las ideas de naturaleza corpuscular, vacío, movimiento intrínseco e interacción entre las partículas. Ahora bien, lo que si deberán ser capaces los estudiantes con el apoyo del profesor es esclarecer que una representación submicroscópica debe disponer de un modelo científico. Por tal motivo, el debate debe dar apertura a la discusión acerca de cuál modelo es potencial para explicar el por qué se incrementa la temperatura tanto del recipiente como del alimento de Ícaro. Desde luego, se les debe brindar el tiempo de espera para que ellos reflexionen sobre la formulación. El profesor deberá estar muy atento de la discusión que se genera al interior de cada uno de los grupos de trabajo introduciendo y formulando preguntas que conduzcan a la necesidad que se tiene de elaborar un modelo explicativo a través del cual se daría sentido y significado al fenómeno en cuestión.

Vale la pena destacar, que los estudiantes interpretan los cambios y las transformaciones de las sustancias, adscribiendo éstos procesos a la categoría de materia en donde ellos le asignan propiedades a las sustancias materiales: (i.e., “caliente o frío”). Por lo tanto, ellos requieren de un cambio ontológico, a través del cual puedan superar el obstáculo de pasar de entidades a procesos, es decir, el profesor identifica la demanda de aprendizaje con la cual se debe

generar una nueva clasificación ontológica, en la que un evento físico, logre ser explicado a partir de una sucesión de hechos y sus causas, y, en la que se hace necesario establecer relaciones de interacción entre los fenómenos y las propiedades de los cuerpos.

Actividad de aprendizaje No.1d. La comida de Ícaro

(Puesta en escena del esquema conceptual de equilibrio térmico y apoyo a la internalización del esquema conceptual de interacción sistémica y conservación de propiedades observables de la materia).

La comida de Ícaro

Ícaro es un perro de raza Bull Terrier que le encanta comer espaguetis con pollo. Cuando va siendo la hora de almuerzo, Ícaro, percibe a través de su desarrollado olfato los aromas que provienen de la cocina y se sienta al lado de la estufa. Él sabe que esos aromas corresponden a una deliciosa porción de pechuga desmechada con espaguetis. Si Ícaro tiene mucha hambre, él empieza a ladrar para que le pongan su plato de comida lo más rápido que se pueda. De inmediato, su dueña apura, ya que Ícaro se vuelve muy insistente con sus fuertes ladridos, pero, ¡Vaya situación, la comida está muy caliente! Así pues, para superar esta dificultad, ella saca del gabinete un recipiente preferiblemente metálico que llena con agua de la llave hasta la mitad y dentro de él, sumerge el plato caliente de comida. Ahora bien, para agilizar el proceso, ella toma una cuchara y con ella empieza a mover el alimento por un tiempo aproximado de 5 a 10 minutos. Pasado este tiempo, ella saca el plato del recipiente con agua, lo seca y de inmediato, se lo entrega a Ícaro para que disfrute de un exquisito almuerzo tibio.



Elaborado por Eliana Patricia Agudelo (2014)

Tareas problema:

1. Identifica ¿cuál es la situación problemática que se narra en la historia científica?
2. Plantea una hipótesis que trate de dar solución a dicha situación.

3. Que esquemas conceptuales creen ustedes van a desarrollar y potencializar con esta actividad? Revisen en su diario de química las formas de representar el fenómeno de la comida de Ícaro.
4. Describe macroscópicamente el fenómeno del enfriamiento de la comida de Ícaro.
5. Justifica el siguiente interrogante: ¿Por qué razón el agua dentro del recipiente metálico que inicialmente se encontraba a temperatura ambiente después de entrar en contacto con el recipiente que contiene la comida de Ícaro aumenta su temperatura? Según el lenguaje social científico ¿Qué nombre recibe este proceso?
6. Es posible, que la cuchara alcance la misma temperatura del agua y de la comida de Ícaro después de unos minutos? ¿Cuál sería la causa?
7. ¿Es posible, que la cuchara pueda ser considerada como un sistema en interacción, la cual, favorece el equilibrio térmico?
8. Usa el nivel de representación simbólico para modelar a nivel macroscópico y submicroscópico el fenómeno del enfriamiento de la comida de Ícaro.

Representación macroscópica del fenómeno del enfriamiento de la comida	Representación submicroscópica del fenómeno del enfriamiento de la comida

NOTA: Elabora con tu equipo de trabajo un mural en el que deberán registrar los resultados arrojados del fenómeno en estudio, usando la estrategia del **POE** (Predecir, Observar y Explicar). Estos resultados se socializarán ante el colectivo áulico, a través de la siguiente tabla:

FENOMENO	ESTRATEGIA POE		
	PREDECIR	OBSERVAR	EXPLICAR
¿Por qué razón el agua dentro del recipiente metálico que inicialmente se encontraba a temperatura ambiente después de entrar en contacto con el recipiente que contiene la comida de Ícaro aumenta su temperatura?			
Es posible, que la cuchara alcance la misma temperatura del agua y de la comida de Ícaro después de unos minutos? ¿Cuál sería la causa?			
¿Es posible, que la cuchara pueda ser considerada como un sistema en interacción, la cual, favorece el equilibrio térmico?			

9. Usa tu diario de química para dar respuesta a todas las tareas problematizantes y realiza el proceso de aprendizaje meta-cognitivo:

8.1 Una nueva idea aprendida: _____

8.2 Una idea en conflicto: _____

8.3 Un nuevo interrogante a formular”: _____



HISTORIA CIENTIFICA

Lección 2: De la naturaleza continua a la naturaleza corpuscular de la materia

Esta lección inicia explorando las concepciones alternativas de los estudiantes acerca de algunas de las ideas y conceptos macroscópicos claves que ellos debieron haber alcanzado en su escolaridad previa (actividades de aprendizaje 1 a 5). De esta manera, se lograría detectar incidentes críticos, los cuales dificultan el aprendizaje de las ideas, conceptos científicos y el desarrollo de los esquemas conceptuales de la química, elementos indispensables para comprender el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. En efecto, durante la fase de puesta en escena de la historia científica los estudiantes logran volver conscientes sus concepciones alternativas y, los profesores conocer éstas con el propósito de direccionar las actividades de aprendizaje que le brinden la oportunidad a los estudiantes de comenzar a lograr una forma de pensamiento más sofisticada de la idea en cuestión.

Durante el desarrollo de esta lección los estudiantes con la asistencia de su profesor alcanzarán de forma progresiva una comprensión conceptual e integrada de la serie de tópicos adscriptos al núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Adicionalmente, esta lección le brinda la oportunidad para que ellos continúen con el desarrollo de los esquemas conceptuales de la química, junto con la diferenciación e integración de los niveles de representación. Para ello, el profesor utilizará el enfoque comunicativo (tipos de interacción social), el cual le permite a él, gestionar el aprendizaje a través de discusiones dialógicas entre estudiante-estudiante y estudiante-profesor.

Así, al final de la lección los estudiantes comprenderán que la materia posee un conjunto de propiedades físicas. Por tal razón, es indispensable que ellos en este nivel comprendan que los sistemas materiales en los diferentes estados físicos poseen propiedades comunes que los permiten distinguir e identificar en el mundo macroscópico. Ahora bien, con el fin de introducir las grandes ideas que sustentan el modelo corpuscular de la materia, es necesario que se construya previamente un patrón consensuado de propiedades. Dicha estrategia pedagógica es utilizada como andamiaje para la comprensión de la estructura interna de los materiales. En este sentido, es clave que el profesor dirija la clase para alcanzar dicho propósito. Después de ello, el profesor avanza hacia interpretaciones de nivel submicroscópico, representadas en las siguientes ideas: la materia está formada por partículas, la existencia de vacío, movimiento intrínseco y, el arreglo submicroscópico de las partículas determinan el comportamiento macroscópico de las sustancias.

Adicionalmente, se abordará la conceptualización del término partícula como una construcción social que ha sido construido por el hombre a través de la experimentación y la negociación de significados, con el propósito de darle sentido a muchos fenómenos naturales se le han asignado una serie de propiedades las cuales han dado origen a la teoría atómica de Dalton y la teoría cinético molecular sintetizadas en el modelo corpuscular de la materia.

Actividad de aprendizaje No. 2: “De las propiedades macroscópicas de los materiales a las propiedades no observables de la materia”: *¡Caño Cristal, el río de los cinco colores!*

Objetivos de enseñanza

- Motivar a los estudiantes a que exploren y hagan explícitos en el plano social del aula las concepciones alternativas que poseen acerca de las principales ideas/conceptos científicos y esquemas conceptuales necesarios para la comprensión del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.
- Fortalecer la comprensión conceptual de las grandes ideas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.
- Comprometer a los estudiantes en explicaciones de tipo descriptivo sobre situaciones problemáticas, en donde se aborden las propiedades físicas extrínsecas de la materia en un nivel de desarrollo cualitativo (ej., la forma, masa el peso, el volumen).

- Invitar al estudiante a que plantee contraargumentos a las explicaciones descriptivas presentadas por sus pares acerca de las propiedades físicas de la materia con el propósito de construir de manera consensuada unos modelos teóricos de mayor sofisticación.

Resultados de aprendizaje

Al final de la actividad, los alumnos serán capaces de:

- Volver consciente los modelos del sentido común acerca de los conocimientos o ideas científicas prerrequisitos que debieron haber aprendido en su escolaridad previa.
- Diferenciar e integrar a su estructura cognitiva cada uno de los niveles de representación de la química.
- Identificar sus propios puntos de vista, expresarlos y contrastarlos con los de sus compañeros acerca de las propiedades macroscópicas de sólidos, líquidos y gases.
- Integrar el lenguaje social cotidiano con el lenguaje social científico acerca de las propiedades macroscópicas de sólidos, líquidos y gases.
- Identificar las reglas que rigen la construcción de modelos científicos a través de las cuales la comunidad científica atribuye a las partículas las propiedades de vacío, movimiento y masa, fundamentales para poder generar un marco interpretativo consistente con la naturaleza y el comportamiento de las partículas.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano. ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases: - pequeños grupos de discusión. - Circulo abierto o Gran grupo. - Trabajo individual.	formular preguntas • Tipos de pregunta • La distribución de las preguntas. • Preguntas con tiempo de Espera.	• La evaluación formativa; • La discusión; • El POE (Observar, predecir y explicar); • El desarrollo de prácticas científicas tales como: el planteamiento de hipótesis, la justificación; el diseño de experimentos sencillos en el aula de clase o en casa; • Uso de ilustraciones.	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

Los estudiantes utilizarán:

- Hoja de trabajo: actividad de aprendizaje No.2: “*De las propiedades macroscópicas de los materiales a las propiedades no observables de la materia*”: Caño Cristal, el río de los cinco colores.
- Tablero
- Recipiente de vidrio, agua, sales minerales, agitador.
- Diario de química.
- Diseño de las gafas submicroscópicas.

Tipo de interacción

El profesor conforma una organización de la clase en grupos de (4) o (5) estudiantes e invita a los estudiantes a que realicen lectura comprensiva de la nueva actividad de aprendizaje que se está introduciendo en el aula. El profesor dirige el desarrollo de cada una de las tareas problematizadoras usando un enfoque **Dialógico-interactivo (ID)** para explorar y dejar explícito el lenguaje social cotidiano de los estudiantes. **Dialógico-No interactivo** para que el profesor compare y contraste las concepciones alternativas con las ideas científicas, y de esta forma, determine la coherencia de las demandas de aprendizaje que él formuló. A medida que los estudiantes van generando las respuestas pasan luego a registrarlas individualmente en el diario de clase. Al final, el profesor sigue orquestando la clase usando una rutina de organización del aula en grupos cooperativos seleccionando un monitor más adelantado, para que sea él, quien explique y justifique sus respuestas ante el colectivo áulico, usando para ello, un enfoque **Dialógico-Interactivo (ID)**. Para finalizar la actividad y cerrar el discurso él utiliza un enfoque **No interactivo-de autoridad (NIA)** para elaborar conclusiones y establecer los resultados desde una perspectiva científica.



Evaluación formativa

El propósito inicial de la evaluación formativa en esta actividad es lograr que profesor y estudiantes reconozcan y vuelvan consciente su conocimiento cotidiano sobre los fenómenos representados a partir de un modelo macroscópico y/o submicroscópico (en diferentes niveles explicativos) que fueron construidos en la enseñanza previa. Desde luego, el compendio de tareas diseñadas para esta actividad de aprendizaje estarán focalizadas en maximizar la comprensión, la opinión y, los conocimientos procedimentales (Doyle, Summer, 1983).

En este sentido, la actividad No. 2: ***“De las propiedades macroscópicas de los materiales a las propiedades no observables de la materia”***: Caño Cristal, el río de los cinco colores, se compone de tareas académicas y experimentales que transitan por una fase de elaboración de modelos descriptivos (uso del nivel de representación macroscópico) y va avanzando paulatinamente hacia el desarrollo de tareas que involucran el nivel de representación submicroscópico y simbólico. En efecto, dichas tareas han sido pensadas y reflexionadas para apalancar la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la materia y, el desarrollo de los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y el equilibrio térmico. De hecho, las tareas experimentales implican el desarrollo de prácticas científicas por parte de los estudiantes (trabajo de laboratorio, demostraciones por parte del profesor, diseño de experimentos basados en evidencia empírica, la construcción de argumentos razonados y el proceso meta-cognitivo que trae consigo). Junto a esto, se han diseñado tareas para promover las competencias comunicativas y lingüísticas (lenguaje verbal y escrito) a través de las técnicas que destacan la producción textual en el diario de química, la discusión dialógica, en combinación, con las rutinas de transacción y negociación de significados en el aula y, la organización del aula en trabajo cooperativo e individual.

Asimismo, dichas tareas han sido reflexionadas para favorecer la evaluación formativa durante la fase de traspaso de responsabilidad del proceso de enseñanza/aprendizaje de profesor a estudiante. Es decir, que a partir de ellas el profesor monitorea y después brinda retroalimentación al proceso de internalización de los conceptos, ideas prerequisite, la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la materia y, el desarrollo de los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación y el equilibrio térmico. De ahí, que el profesor deba apoyarlos en la reorganización y evolución de sus ideas hacia el conocimiento científico que se está elaborando. Igualmente, durante este proceso formativo se está generando la oportunidad de que los estudiantes realicen el proceso de auto, co- y hetero-evaluación del conocimiento aprendido.

¿Qué sucede durante esta actividad?

La idea central de esta actividad es lograr que los estudiantes expliciten sus modelos interpretativos de manera espontánea. De hecho, se hace especial énfasis en la exploración de las ideas, conceptos y esquemas conceptuales que son conocimientos prerequisite que los estudiantes debieron haber internalizado en su escolaridad previa. Adicionalmente, es posible que el profesor logre detectar algunas inconsistencias e incomprensiones, o quizás, verificar que dichas estructuras conceptuales no fueron introducidas o explicitadas en el plano social del aula de química. De hecho, estos aspectos son críticos, en primer lugar, para acceder a la

interpretación macroscópica de las propiedades y estados físicos de la materia y, en segundo lugar, para empezar a construir la idea de la discontinuidad de la materia, comprendiendo, que el arreglo submicroscópico de las partículas determina el comportamiento macroscópico de las sustancias. Es posible que los estudiantes cuando se enfrenten al desarrollo de las nuevas tareas presenten conflicto en la manera de usar y organizar sus ideas almacenadas en su estructura cognitiva, ya que, quizás las ideas que han ido aprendiendo hasta este momento, no sean capaces de usarlas e integrarlas, o, no les sean útiles para dar una interpretación más sistemática a la serie de situaciones que se describen en el organizador previo. De hecho, la actividad toma partida de esta problemática generando por primera vez tareas que conducen a los estudiantes a utilizar el nivel de representación submicroscópico. Así pues, se trata de que el profesor después de generar el conflicto cognitivo en los estudiantes asuma la tarea de acompañarlos en el desarrollo de su trayectoria conceptual revisando sus ideas y monitoreando el trabajo cooperativo para que ellos avancen hacia el desarrollo del modelo corpuscular de la materia.

Ahora bien, para lograr tales propósitos se han diseñado una serie de actividades de enseñanza/aprendizaje lógicamente secuenciadas en sus tres fases según el modelo de enseñanza asumido por el Grupo Leeds. Éstas incorporan tareas que van desde el análisis cualitativo hasta considerar algunas que conducen a establecer un nivel de análisis cuantitativo simple (i.e. la cantidad de material que interviene en cada una de las sustancias que componen dichos materiales). Así, a medida que los estudiantes explicitan sus conocimientos previos sobre cada una de las tareas en cuestión, el profesor irá detectando el nivel de comprensión, confusión o compromiso que tienen los estudiantes acerca de los conceptos (material, materia, estados físicos) e ideas científicas prerequisite (identidad y cantidad de material; conservación de la identidad y cantidad de material). Por tanto, dichas tareas se han diseñado para que los estudiantes puedan comprender que los objetos o sustancias están hechos de diversos materiales, adicionalmente, que éstos poseen propiedades diferentes y que éstas se conservan siempre y cuando no cambie su identidad o composición material. Desde luego, los estudiantes se verán desafiados a identificar propiedades físicas de las diversas sustancias, especialmente, del agua que compone el río Caño Cristal. De ahí, la importancia de lograr que los estudiantes reflexionen acerca de los componentes con los que están hechos los sistemas materiales y/o sustancias en el mundo macroscópico como estructuras conceptuales claves para acceder a los modelos explicativos de los mismos.

En efecto, el profesor ha diseñado el organizador previo con la intención de que los estudiantes empiecen a desarrollar una descripción macroscópica del fenómeno de Caño Cristal, ya que, ellos cuentan con un conocimiento cotidiano proveniente de su interacción

con el mundo y su relación estrecha con los ecosistemas vivientes. Sin duda, según los estudios sobre concepciones alternativas es muy común encontrar que los estudiantes expliciten que el agua del río Caño Cristal, está compuesta de elementos como el hidrógeno y el oxígeno. De hecho, en esta primera tarea la gran mayoría de ellos explicarán espontáneamente, la existencia de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Otros, afirmarían que en el interior del río hay presencia de virus, bacterias, algas, hongos y demás materiales vivos, así como, de rocas, arena, piedras. No obstante, muy pocos de ellos, darían una explicación submicroscópica de la naturaleza, estructura y comportamiento de dichas sustancias. Adicionalmente, se espera que con las tareas de aprendizaje los estudiantes se vean involucrados en el uso de representaciones de tipo descriptivo de propiedades macroscópicas extrínsecas e intrínsecas. Al mismo tiempo, que en la identificación de dichas propiedades.

Teniendo en cuenta, que la representación submicroscópica o explicativa demanda por parte de los estudiantes la aceptación de una naturaleza discontinua de la materia, ésta requiere de la necesidad de establecer una dimensión de cambio epistemológico. Así pues, para promover este último, vamos a diseñar un material curricular al cual etiquetaremos como “*las gafas submicroscópicas*” el cual será utilizado como un recurso pedagógico que facilite la actividad cognitiva hacia el uso de modelos científicos. A partir de éste, se invitará a que los estudiantes vuelvan consciente la naturaleza discontinua de la materia permitiéndoles a ellos, aceptar que la representación submicroscópica es clave para acceder a una interpretación de los fenómenos sociales, naturales y físicos, y, de esta manera vuelvan predecible y controlable su entorno. De hecho, muchas de estas tareas han sido diseñadas con la intención de valorar la importancia del uso de los modelos científicos para representar los fenómenos naturales. Finalmente, hay que resaltar que dentro del marco de una perspectiva constructivista que se fundamenta en disciplinas como la psicología cognitiva, el diseño de las actividades de aprendizaje, debe estar direccionado para que la secuencia de tareas permitan integrar el lenguaje multinivel y el desarrollo de los esquemas conceptuales de la química.

*“Atiende ahora; habiéndote demostrado
que las cosas no pueden nacer de la
nada ni, una vez nacidas, ser devueltas
de nuevo a la nada, [...] déjame citarte
otros cuerpos cuya existencia material
deberás admitir aun siendo invisibles.
[...]*

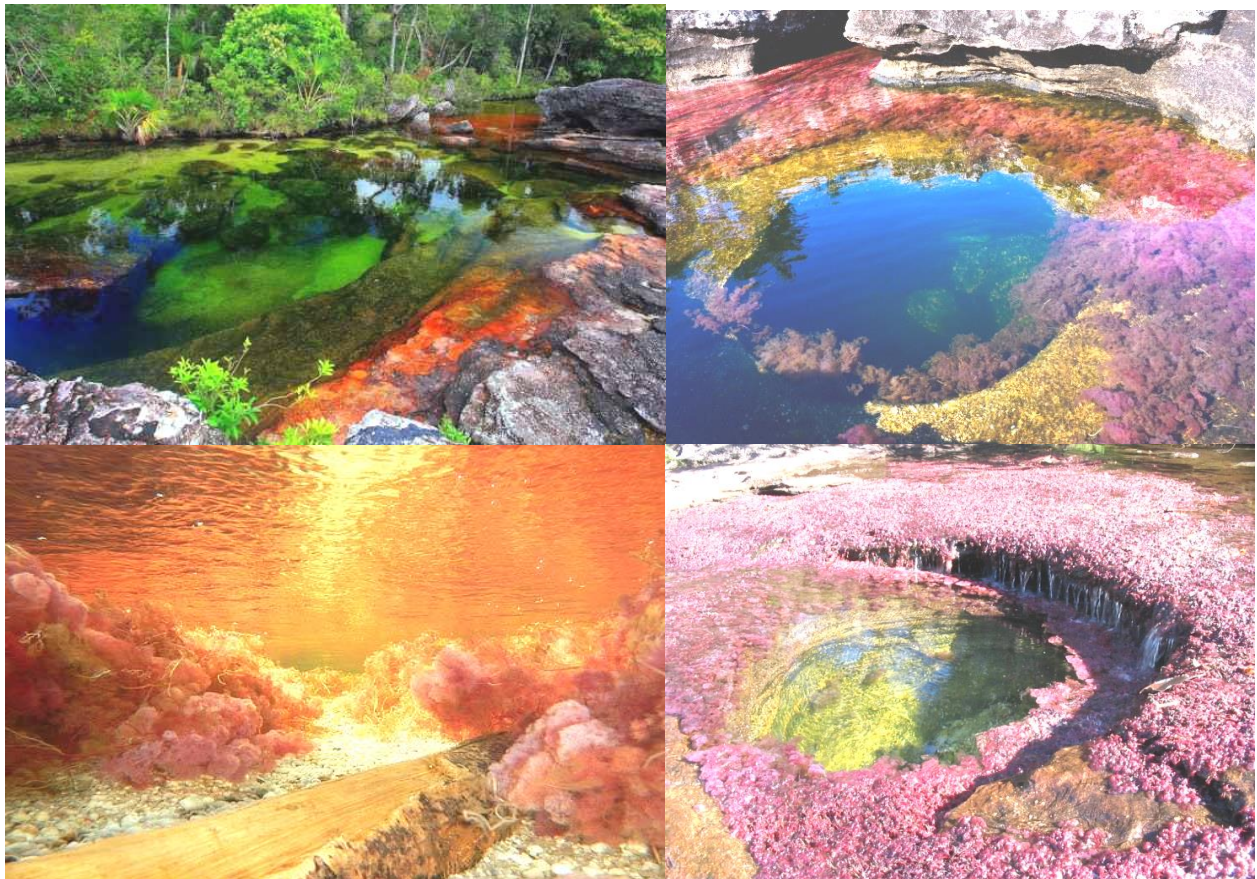
... la Naturaleza entera, en cuanto existe por sí misma, consiste en dos sustancias: los cuerpos y el vacío en que estos están situados y se mueven de un lado a otro.

Que el cuerpo existe de por sí, lo declara el testimonio de los sentidos, a todos común; [...]”

Cita tomada de la obra de Tito Lucrecio Caro (siglo I), en su largo poema *De rerum natura*.

Actividad de aprendizaje No. 2: “*De las propiedades macroscópicas de los materiales a las propiedades no observables de la materia*”: **Caño Cristal, el río de los cinco colores.**

¿Es posible que el oxígeno que está disuelto en las aguas del río caño cristal disminuya ostensiblemente ocasionando la ausencia de peces?



Organizador previo

Caño cristal: el río de los cinco colores

Caño cristal⁹⁰ es un río de Colombia ubicado en el departamento del meta, más exactamente en la cuenca hidrográfica del río Orinoco. Dicho río, hace parte de la sierra de la macarena un sistema montañoso de la cordillera oriental de este país. Las rocas de la Macarena son de origen volcánico y alcanzan los 1200 millones de años de antigüedad constituyendo la prolongación hacia el occidente del llamado Escudo Guyanés de Venezuela, Guayana y Brasil. De hecho, éstas son consideradas las más antiguas del planeta. La importancia biológica de este entorno se debe a que en un mismo escenario participan tres ecosistemas ricos en diversidad de flora y fauna: la cordillera de los Andes, los Llanos Orientales y la selva Amazónica. Así pues, el bioma representativo de la serranía de La Macarena es de selva húmeda, el hogar de unas 420 especies de aves, diez especies de anfibios, 43 especies de reptiles y ocho de primates. No obstante, en Caño Cristal, ocurre un fenómeno bastante particular, el río carece por completo de peces.

Caño Cristal no es un río de grandes magnitudes. De hecho, no sobrepasa los 100 km de longitud y un cauce de 20 m de ancho; por el contrario, se caracteriza por ser una sucesión de rápidos, cascadas, correones y pocetas. De ahí, que el lecho del río presenta pozos circulares denominados “marmitas de gigante”, que lo caracterizan de modo singular. Estos han sido abiertos por duros fragmentos de mineral que al caer en alguna de las cavidades grandes o pequeñas, comienzan a girar rozándose con la pared de la roca, ocasionando un aumento progresivo en las dimensiones del pozo.

Sin duda alguna, las personas que lo visitan pueden maravillarse de la sensación que produce estar frente a un fenómeno de esta naturaleza. Sus aguas son de tal pureza que permiten ver el fondo y todo el esplendor que albergan en su interior. En efecto, caño cristal ha sido etiquetado por caminantes y turistas con engalanadas frases que en su paso describen dicha magia: “el río de los cinco colores”; “el río que se escapó del paraíso”; “el arco iris que se derritió” o también, “el río más hermoso del mundo”. Sin duda alguna, existe una única razón

⁹⁰ La acepción de **caño** se la han otorgado las comunidades que habitan en estas regiones selváticas del país (Orinoquia y Amazonia). Para ellos, los caños son ríos de menor longitud y anchura.

para tanta diversidad de expresiones y es: “*la inigualable belleza de sus aguas*”. Un río que en su trayectoria se percibe de cinco colores (rojo, amarillo, verde, azul y negro), ya que, durante el verano las aguas dulces del río se secan, así, musgos, corales de agua dulce y algas de diversos colores tienen entonces su oportunidad para reproducirse y adherirse fuertemente sobre las rocas que componen su lecho.

Teniendo en cuenta, la ausencia de peces en el río Caño Cristal la comunidad científica ha podido plantear algunas hipótesis acerca del por qué ocurre dicha situación: (1) la escasez de materiales de arrastre y sedimentación; (2). la disminución del oxígeno disuelto en el agua; (3). sus innumerables cascadas no permiten que los peces suban en contra de la corriente o (4) al aumento de la tasa de reproducción de las algas *Macarenia Clavigera*.

Elaborado por Eliana Agudelo (2014)

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2.⁹¹

(Puesta en escena de la historia científica)

Tarea 1. Con relación al fenómeno macroscópico que narra el organizador previo argumenten los siguientes aspectos:

- a. Identifiquen el problema central del fenómeno natural: el río Caño Cristal.
- b. ¿Cuál es la posible causa que ocasionaría la disminución del oxígeno en el río Caño Cristal?
- c. ¿Cuáles son los efectos o consecuencias colaterales que subyacen a dicho problema?
- d. Predigan las posibles hipótesis que den solución al problema de la disminución de oxígeno en las aguas del río Caño Cristal.

Tarea 2. ¿De qué materiales está hecho el río Caño Cristal? ¿Cuál es la apariencia o estado físico que presenta tanto el lecho del río como las aguas de Caño Cristal?

⁹¹ Vale la pena mencionar, que esta actividad de aprendizaje estará apoyada por las subsiguientes situaciones de enseñanza, con el propósito, de cumplir con los criterios de las ideas prerequisite y el nivel de complejidad del tópico. Con ello, se trata de apalancar la comprensión conceptual e integrada de las ideas corpusculares y los conceptos asociados, como también, el desarrollo de los esquemas conceptuales y la diferenciación e integración del lenguaje multinivel.

Tarea 3. Analiza la siguiente formulación: ¿La composición macroscópica de cada uno de los materiales o sustancias que se encuentran formando una mezcla con el agua del río sería la misma? Plantea argumentos razonados a partir de tu conocimiento previo.

Tarea 4. Describe las propiedades físicas de los materiales que constituyen:

4.1 Las rocas de origen volcánico;

4.2 Los musgos, corales de agua dulce y, las algas de múltiples colores;

4.3 El agua y;

4.4 El lecho del río.

Tarea 5. En verano la cantidad de agua del río Caño Cristales disminuye ostensiblemente. ¿Cuál crees son los factores causantes de dicho fenómeno? ¿A dónde se fue el agua que inicialmente estaba formado el cauce del río?

Tarea 6. Representa a nivel submicroscópico:

6.1 la serie de materiales que están constituyendo el lecho del río de Caño Cristales.

6.2 la mezcla formada por minerales, agua y oxígeno, para ello puedes utilizar dibujos o modelos iconográficos.

Tarea 7. ¿Cuál será la apariencia física de la cantidad de agua que ha dejado el río de Caño Cristal? Argumenta tu respuesta. ¿Esta porción de agua tendrá la misma estructura submicroscópica del agua que aún constituye el río? Representa gráficamente tu respuesta.

Tarea 8. Los científicos han considerado que quizás el principal factor que ocasiona la completa desaparición de los peces en el río Caño Cristales es la disminución de las partículas de oxígeno. Explica el proceso a través del cual se disminuye el número de partículas de oxígeno disuelto en el agua. ¿Qué factores pueden ser los causantes de este hecho?

Tarea 9. Representa a nivel submicroscópico el fenómeno de la disminución de la cantidad de partículas de oxígeno, para ello puedes utilizar dibujos o diagramas que modelen dichas partículas.

Tarea 10. ¿Cuál será la composición a nivel submicroscópico del material del lecho del río de Caño Cristales?

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2a.

¿De qué están hechos los objetos materiales en el mundo macroscópico?

(Puesta en escena de la gran idea de la naturaleza corpuscular de la materia; apoyo a su internalización y, traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante de las ideas científicas prerequisite o de apalancamiento y esquemas conceptuales de la química anteriormente estudiadas)

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

- Introducir en el plano social del aula de química el desarrollo de prácticas científicas tales como el diseño de experimentos, ya que, éstas son el vehículo a través del cual los estudiantes construyen y desarrollan las ideas científicas “estar hecho de” e “identidad y cantidad de material” en conjunción con el esquema de conservación que subyace a las ideas de identidad y cantidad de material.
- Identificar posibles incomprensiones e inconsistencias acerca de las ideas científicas de nivel macroscópico: “estar hecho de” e “identidad material”.
- Continuar apoyando la internalización de las ideas científicas: “estar hecho de” e “identidad material”.
- Abordar el esquema conceptual de la conservación: “la conservación de la identidad material” y “conservación de la cantidad de material”.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al final de la actividad, los alumnos serán capaces de:

- Reconocer cuales son mis ideas alternativas e ideas prerequisite “estar hecho de” e “identidad material” y del esquema de conservación que subyace a éstas.
- y las de mis compañeros como el punto de partida para empezar a construir las grandes ideas sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia.
- Comenzar a elaborar deliberadamente un pensamiento de nivel submicroscópico que le permita diferenciar e integrar los niveles de representación para explicar lo que significa “estar hecho de” y el concepto de “identidad material”.

- Explicar que la reorganización de la materia es posible y, que ésta implica la conservación de la cantidad e identidad material.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano. ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases: - pequeños grupos de discusión. - Circulo abierto o Gran grupo. - Trabajo individual.	• Formular preguntas: - Tipos de pregunta -La distribución de las preguntas. -Preguntas con tiempo de Espera. • Dar instrucciones.	• La discusión; • El POE (Observar, predecir y explicar); • El desarrollo de prácticas científicas tales como: el planteamiento de hipótesis, la justificación; el diseño de experimentos sencillos en el aula de clase o en casa; • Uso de ilustraciones.	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

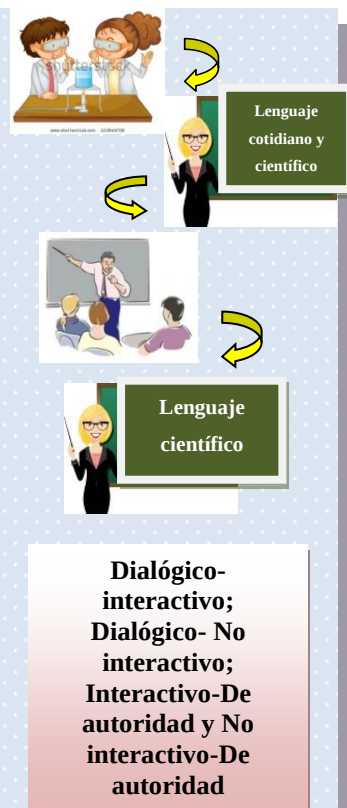
Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

Los estudiantes utilizarán:

- Hoja de trabajo: actividad de aprendizaje No.2.1: **¿De qué están compuestos los objetos materiales en el mundo macroscópico?**
- Hoja de papel de revista o periódico
- (2) Recipientes de plástico o vidrio.
- Agua
- Gotero
- Balanza electrónica o triple brazo.
- Tablero
- Diario de química

Tipo de interacción

El profesor emplea una rutina de organización de la clase en grupos cooperativos de (5) estudiantes. El profesor asume una estrategia de trabajo experimental la cual requiere de las técnicas de dar instrucciones y formulación de interrogantes a través de un enfoque **Dialógico interactivo (ID)** para explorar las ideas científicas que los estudiantes debieron haber internalizado en la enseñanza previa y, dejar explícito al profesor, si los estudiantes se han apropiado conceptualmente de ellas. Después de ello, usa un enfoque **Dialógico-No interactivo (NID)** para comparar y contrastar los lenguajes cotidiano y científico. A medida que el profesor dirige el trabajo experimental, los estudiantes van desarrollando los procedimientos de manera cooperativa usando un enfoque **Dialógico-Interactivo (ID)**. Asimismo, van generando las respuestas a los interrogantes claves que el profesor ha diseñado, registrándolos en el informe grupal elaborado por un estudiante monitor. Los demás estudiantes usan su diario de clase para registrar las respuestas y los procedimientos desarrollados. Finalmente, el profesor recoge los informes para realizar la evaluación formativa y acreditativa. Para la siguiente clase, el profesor inicia orquestando la clase con una rutina de organización del aula en gran grupo, para que los estudiantes expliquen y justifiquen su pensamiento sobre las ideas y esquemas conceptuales, usando para ello, un enfoque **Interactivo-De autoridad (IA)**. Para finalizar la actividad y cerrar el discurso, él, utiliza un enfoque **No interactivo-De autoridad (NIA)** para elaborar conclusiones y esclarecer significados.



Evaluación formativa

Consideramos que la evaluación formativa durante esta actividad cumplirá con el propósito de servir como instrumento clave para explorar y trabajar sobre la comprensión conceptual de las ideas científicas que los estudiantes debieron haber internalizado en la enseñanza previa. Tales ideas provienen de los modelos científicos (modelo composicional macroscópico y submicroscópico continuo) que según la literatura en educación en ciencias hacen parte del conjunto de modelos enseñables desde la escuela primaria y primeros años de secundaria. De hecho, con el diseño de esta actividad de aprendizaje se pretende evaluar el nivel de apropiación de las ideas científicas que componen dichos modelos y, a través de los

cuales, se interpretan macroscópicamente los objetos, fenómenos y procesos de cambio de la materia. Es bien conocido, que éstos son considerados como modelos que sirven de apalancamiento para apoyar el aprendizaje del modelo corpuscular de la materia, el cual, es considerado por el campo de la enseñanza y aprendizaje como un modelo intermedio que por su poder explicativo es potencialmente capaz de lograr que los estudiantes piensen en la naturaleza y comportamiento de la materia a escalas muy pequeñas. Al mismo tiempo, permite considerar la existencia y el comportamiento de los gases. En este sentido, la evaluación formativa cumple con la tarea de monitorear dicha comprensión apoyando a los estudiantes en el trabajo cooperativo, la formulación de interrogantes, la contrastación y argumentación de las ideas, el planteamiento de hipótesis y el desarrollo de los esquemas conceptuales de la química.

¿Qué ocurre durante esta actividad?

El profesor plantea el desarrollo de una práctica científica *el diseño de experimentos* con la intención de los estudiantes expliciten el conocimiento aprendido en las actividades previas a ésta. De hecho, la pregunta orientadora y las tareas diseñadas para esta actividad están dadas para utilizar las ideas de “estar hecho de”; “identidad y cantidad de material”, en conjunción, con el esquema de conservación que subyace a las ideas de identidad y cantidad de material, reorganización de la materia en los cambios físicos y la diferenciación e integración de los tres niveles de representación, además, de algunos patrones de razonamiento cualitativo y cuantitativo de nivel muy simple. No obstante, aún se estudia de manera tácita la naturaleza submicroscópica de la materia.

Los estudiantes deben dividir en trozos o porciones un material líquido o sólido. Con esta actividad, ellos podrán evidenciar que la "cantidad" de material en un sistema sólido, líquido o gaseoso se conserva aunque éste asuma una reorganización de la materia distinta. Por tanto, para dar interpretación a los fenómenos cotidianos ellos deben usar modelos descriptivos y empezar a desarrollar de manera cualitativa los esquemas conceptuales de la conservación de la materia y de la masa. Asimismo, harán uso del razonamiento proporcional aplicado a la cantidad de material que se conserva en un cambio aparente de forma en un nivel cualitativo simple. Los estudios empíricos sobre las concepciones alternativas de los estudiantes sobre este tópico afirman que algunos de ellos aún sostienen que los objetos materiales que se perciben con mayor tamaño poseen mayor cantidad de materia y en consecuencia pesan más. En consecuencia, los objetos materiales más pequeños cuentan con menor cantidad de



materia y de masa. Ahora bien, los modelos intuitivos contruidos a partir de la interacción con el mundo, la cultura y la escolaridad, les ha permitido comprender que reorganizar consiste en la reordenación espacial de las unidades sin llegar a cambiar su identidad y cantidad de materia y, que ésta última es proporcional a la cantidad de masa.

Finalmente, con el desarrollo de esta actividad se pretende que los estudiantes continúen reflexionando y desarrollando deliberadamente un pensamiento de nivel submicroscópico que de pie a la necesidad de utilizar un modelo científico (el modelo corpuscular de la materia) capaz de interpretar una gran cantidad de fenómenos del mundo físico. Naturalmente, el profesor durante la enseñanza deberá hacer énfasis en la implausabilidad del modelo para también explicar, el por qué, éste no es lo suficientemente potente para dar sentido a otros fenómenos más complejos como la estructura subatómica, el enlace químico, las reacciones químicas, los cálculos estequiométricos, entre otros.

Diseño experimental

Procedimiento. Se les pide a los estudiantes que dispongan de un vaso con agua y/o una hoja de revista. Primero deben pesar el recipiente y registrar dicho valor en su diario de clases. Luego, deberán agregar 5 ml de agua y nuevamente pesar dicha cantidad en la balanza. Seguido, el profesor les orienta que tomen una porción de agua con ayuda del gotero. Después, se les solicita a cada grupo que dividan dicha porción en cantidades cada vez más pequeñas.



Tareas problema

Nota: No olvides hacer uso de tus gafas submicroscópicas⁹² para situarnos en el mundo visualizable (modelos y teorías científicas) y con ello, interpretar el mundo visible.

⁹² La idea de pensar en un recurso pedagógico como las gafas o los lentes submicroscópicos es indicado para que el profesor acceda más fácilmente con sus estudiantes al nivel de representación submicroscópico, y con ello, a una mejor comprensión del modelo corpuscular de la materia. De hecho, la literatura acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la química sugiere usar ésta como una estrategia para hacer visible las partículas. En este caso, “la idea de un atomoscopio”, un microscopio especial para ver los átomos (Kind, 2004).

Los estudiantes deben observar con una lupa dicho fenómeno y, responder a los siguientes interrogantes:

1. Argumenta la siguiente situación problematizante: ¿De qué está hecho el aire, el agua y una hoja de papel?
2. Si empezamos a dividir en porciones el agua contenida en el vaso y el trozo de papel ¿Qué podrían esperar? ¿Los trozos de papel siguen siendo del mismo material a pesar de haber cambiado su forma? ¿Por qué? Argumenta tu respuesta.
3. Toma un trozo de papel y luego calcula su masa. ¿Si se reúnen nuevamente todos los trozos de papel, la cantidad del material se conservaría?
4. Al calcular la masa y el volumen de la hoja de revista como conceptualizarías los términos de: material, materia, masa, volumen.
5. ¿Cómo llegarías a explicarle a un compañero de grado inferior, el siguiente interrogante: ¿De qué están hechos el aire, el agua y una hoja de papel, desde una perspectiva submicroscópica y simbólica?
6. ¿Por qué es importante aplicar la idea de identidad material en cada objeto o sistema material del mundo macroscópico?

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2c: “Representando propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases”

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

- Invitar a los estudiantes a discutir sus puntos de vista acerca de las propiedades de sólidos, líquidos y gases, motivando con ello a que empiecen a pensar en este tópico. Con ello, se espera que los estudiantes tomen conciencia de sus concepciones alternativas, para posteriormente comenzar a hacer que éstas evolucionen de manera progresiva hacia la construcción de la idea de discontinuidad de la materia y con ella, al modelo corpuscular de la materia.
- Invitar a los estudiantes a que planteen contraargumentos a las explicaciones descriptivas presentadas por sus pares acerca de las situaciones problemáticas, las

cuales recogen las propiedades físicas de la materia con el propósito de construir de manera consensuada unos modelos teóricos de mayor elaboración con los cuales se pueda empezar a desarrollar una visión compartida de las propiedades características de los sólidos, líquidos y gases.

- Reconocer y hacer explícitas las concepciones alternativas que poseen los estudiantes acerca de la existencia material de los gases y de sus propiedades macroscópicas. Con este objetivo se pretende evidenciar las posibles barreras conceptuales que se oponen a la aceptación de dicha idea.
- Desarrollar paulatinamente un patrón consensuado de propiedades físicas (ej., forma, peso, volumen y masa) en el contexto de los estados de agregación sólido, líquido y gaseoso con el objeto de que los estudiantes puedan comprender que los materiales en los diferentes estados poseen propiedades comunes que les permite distinguir e identificar.

- Orientar las causas de la implausibilidad de la idea de discontinuidad de la materia y la sustancialización de los gases demostrando que:

-Los gases deben ser considerados como entidades materiales y, por tanto, presentan propiedades que los *caracteriza* e identifica de los sólidos y líquidos (ej., sus bajas densidades, la alta compresibilidad y fluidez, entre otras).

-Los gases tienen peso y volumen. No obstante, ellos son livianos para su tamaño y volumen.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al final de la actividad, los alumnos serán capaces de:

- Identificar los puntos de vista personales como de sus compañeros acerca de las propiedades físicas de las sustancias sólidas, líquidas y gaseosas.
- Elaborar un punto de vista consensuado mucho más consistente sobre las propiedades físicas de la materia (forma, masa, peso, volumen, compresibilidad y difusión) de

- sólidos, líquidos, gases y, a partir de este empezar a construir el modelo corpuscular de la materia.
- Comenzar a reconocer a través de la observación detallada de un circuito de experiencias prácticas sobre propiedades características de sólidos, líquidos y gases que posibiliten empezar a construir la idea de discontinuidad de la materia.
 - Reascribir los gases a la categoría de materia para que más adelante le den sentido al comportamiento de éste en términos de la categoría de procesos.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases en: - pequeños grupos de discusión. - Trabajo individual.	Formular preguntas: • Tipos de pregunta • La distribución de las preguntas. • Preguntas con tiempo de Espera.	• La evaluación formativa; • La discusión; • El POE (Observar, predecir y explicar); • El desarrollo de prácticas científicas tales como: el planteamiento de hipótesis, la justificación; el diseño de experimentos sencillos en el aula de clase o en casa; • Uso de ilustraciones.	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

Los estudiantes utilizarán:

- Hoja de trabajo: actividad de aprendizaje No.2.1: ***Describiendo un patrón consensuado de propiedades físicas*** (forma, volumen, difusión, compresibilidad) ***de sólidos, líquidos y gases.***
- Vasos transparentes, (3) jeringas, (1) marcador permanente
- Trozos de chocolatina, (1) cubo de hielo.
- Cubeta plástica tamaño mediano.
- Agua, arena, aire.

Tipo de interacción⁹³

El profesor trabaja con sus estudiantes empleando una rutina de organización de la clase en grupos de (4) o (5) estudiantes. El profesor dirige el desarrollo del circuito de prácticas experimentales usando un enfoque **Dialógico-interactivo (ID)** para explorar y volver consciente las ideas cotidianas sobre la conceptualización, identificación y descripción de propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases. También, se utilizará este enfoque para identificar las propiedades características de los sólidos, líquidos y gases. **Dialógico-No interactivo (NID)** para que el profesor compare y contraste los lenguajes cotidiano y científico.

Después, el profesor a través de la técnica de la formulación de interrogantes, solicita a los estudiantes a que justifiquen sus respuestas ante el colectivo áulico usando para ello, un enfoque **Dialógico-interactivo (ID)**. A medida que van explicitando sus respuestas a las preguntas claves, ellos pasaran a registrarlas individualmente en la tabla de formato discontinuo en el diario de clase. Para finalizar la actividad, él utilizará un enfoque **interactivo-de autoridad (IA)** para establecer un patrón consenso de dichas propiedades características.



Evaluación formativa

El proceso de la evaluación formativa durante el desarrollo de esta actividad de aprendizaje tiene como propósitos claves los siguientes:

- Atender y valorar las explicaciones descriptivas de las propiedades de sólidos, líquidos y gases que realizan los estudiantes, ya que, con ello es posible detectar

⁹³ Es muy importante que el profesor utilice un enfoque **Dialógico-No interactivo (NID)** para comparar las concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes con respecto a las investigaciones sobre concepciones alternativas en diferentes contextos educativos. Es clave tenerlo en cuenta, ya que, el diseñador construye unas demandas de aprendizaje que surgen de las diferencias entre el lenguaje social cotidiano y el científico. De esta manera, se toman nuevas decisiones con respecto a las necesidades de conocimiento de los estudiantes sobre un tópico científico y a los objetivos de enseñanza que se plantean.

inconsistencias y posibles ideas contraintuitivas sobre la conceptualización, identificación y representación de éstas. De otro lado, la evaluación formativa permite la construcción consensuada de unos modelos descriptivos de mayor alcance con los cuales se pueda empezar a desarrollar una visión compartida de las propiedades características de los sólidos, líquidos y gases como el punto de partida para movilizar a los estudiantes a una representación submicroscópica de la materia.

- Trabajar sobre el desarrollo de los modelos descriptivos acerca de que los estudiantes elaboran ya que con ellos acceder al desarrollo de un modelo corpuscular capaz de interpretar las propiedades de sólidos, líquidos y gases.

¿Qué sucede durante esta actividad?

Con esta actividad de aprendizaje se pretende que los estudiantes sigan consolidando la construcción de una representación discontinua de la materia usando de manera interrelacionada las ideas de discontinuidad, vacío y movimiento. Para lograrlo, el profesor decide diseñar un circuito de prácticas experimentales a través de las cuales se busca que ellos predigan, observen y expliquen las observaciones que han realizado a través de la estrategia del **POE**.

Es posible, que algunos estudiantes no logren conceptualizar de manera constructiva el término: propiedad física. Adicionalmente, les cuesta dificultad identificar y describir de manera argumentada propiedades de sólidos, líquidos y gases, tales como: la masa, el peso, volumen y la forma geométrica o espacial que caracterizan a los objetos y materiales de que están hechos. A causa de dicha situación, es clave plantear una experiencia práctica que parte de la interacción con fenómenos de su cotidianidad y a través de la cual, los estudiantes se verán involucrados en el desarrollo de habilidades procedimentales para calcular de manera cuantitativa, el peso y el volumen de sólidos y líquidos, y que a la par, se convierta en una oportunidad que los conduciría a generar conceptualizaciones de dichas propiedades. Adicionalmente, el profesor los invita a plantear hipótesis para lograr que ellos activen sus representaciones previamente almacenadas en su memoria cognitiva y, de esta forma, ellos vuelvan consciente el interrogante. Así, tendrán la oportunidad de generar explicaciones más consistentes con el fenómeno en estudio.

En efecto, el profesor parte con el desarrollo de una tarea a través de la cual se pretende que ellos conceptualicen a partir de sus modelos del sentido común, el término, *propiedad física* y, seguido de ello, identifiquen y describan las propiedades que caracterizan estos sistemas materiales en el mundo macroscópico. Para ello, se usará la tabla que aparece a continuación:

PRACTICA EXPERIMENTAL	PREGUNTAS CLAVE	INTENCIONALIDAD
Vasos transparentes	¿Qué forma tiene...?	A muchos estudiantes les cuesta dificultad describir la forma geométrica o espacial que adoptan los sistemas materiales. De ahí, que asumen esta propiedad como si se tratara de los estados de agregación de la materia. Naturalmente, no logran identificar las formas regulares o irregulares de sólidos; adicionalmente, les cuesta definir que líquidos y gases no poseen formas definidas y en consecuencia, éstos adoptan la forma del recipiente que los contiene. Por tal motivo, después del trabajo en los grupos cooperativos, el profesor considera que es preciso abrir el discurso a partir del interrogante <i>¿Qué forma tiene...?</i> usando una rutina de organización del aula, en gran grupo, animándolos para que expliciten sus concepciones alternativas y así, llegar a contrastarlas con las recolectadas en los estudios empíricos de referencia sobre este tópico. El profesor genera el debate para detectar posibles incidentes críticos; después de ello, transita hacia el discurso de autoridad para esclarecer que los sólidos poseen formas regulares o irregulares bien definidas, mientras que los líquidos y gases adoptan la forma del recipiente que los contiene.
Disolviendo materiales	¿Cuál es el volumen final...? ¿Por qué se disuelve el azúcar en el agua?	En efecto, el propósito fundamental de esta actividad, es lograr que los estudiantes reconozcan que al adicionar el azúcar en el agua, el volumen final es menor. Esto genera sorpresa y conflicto en los estudiantes ya que este valor no era el esperado por la gran mayoría del grupo clase. Al finalizar la práctica, el profesor debe tratar de aflorar en ellos, una explicación más fructífera que los lleve a pensar que los sistemas materiales interactúan entre sí, y, que al hacerlo la materia se reorganiza e intercambia energía. En consecuencia, el volumen de la disolución disminuye perceptiblemente a causa del arreglo o reestructuración de la materia a nivel submicroscópico.
El vaso al revés (cuando un vaso de vidrio se coloca boca abajo dentro de un recipiente con agua, el aire dentro del vaso)	¿Qué hay en el interior de un vaso invertido que no permite la entrada de agua dentro de él?	Con esta experiencia, se busca demostrar que el aire que queda atrapado dentro del vaso de vidrio no permite que el agua ingrese al interior del vaso. Así pues, se demuestra que el aire es un sistema material, de ahí que sea conveniente vincularlo con las ideas “ <i>estar hecho de</i> ” e “ <i>identidad material</i> ”. De esta manera, estamos intentando que los estudiantes reafirmen que estas entidades poseen unas propiedades físicas comunes a los sólidos y líquidos, no obstante, éstas son dependientes del comportamiento

queda atrapado, impidiendo que entre más agua dentro de él)		submicroscópico de las partículas en la fase gaseosa.
Jeringas con sólidos, líquidos y gases	<i>¿Se comprime o no se comprime?</i>	Los estudiantes trabajan con (tres) jeringas en las que introducen en cada una: arena, agua y aire con la intención de evidenciar que los sólidos y líquidos no se comprimen, mientras, que los gases sí. Más adelante, ellos podrán usar la idea de espacios vacíos para interpretar la propiedad que tienen los gases de ser compresibles.
Ambientador de aromas	<i>“me llegó un agradable aroma”</i>	El profesor lleva al aula de química un ambientador de aromas electrónico el cual es ubicado en un lugar sin que los estudiantes lo percatan. El les comunica que al percibir un aroma inmediatamente deben levantar la mano y mantenerla alzada hasta que el profesor lo considere. El objeto de esta experiencia es volver consciente a los estudiantes del fenómeno macroscópico de la difusión de un líquido en un gas como el aire y después, integrar el lenguaje multinivel para describir, explicar y representar el fenómeno, en términos, de la idea de movimiento intrínseco de las partículas.

Cabe destacar que los estudiantes en este grado y contexto, presentan dificultades al conceptualizar, identificar y describir propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases. Por tanto, después de haber puesto en escena la historia científica y de dar solución a las preguntas claves de cada práctica experimental, el profesor asiste a los estudiantes a que construyan de manera consensuada los conceptos de forma, masa, volumen y estados físicos. El desarrollo de esta tarea es importante para que en adelante, le sea más fácil al profesor y los estudiantes construir modelos que sean capaces de describir y explicar las propiedades de sólidos, líquidos y gases. Las respuestas se registrarán en la siguiente tabla de formato discontinuo y, serán recopiladas en sus diarios de clase:

Propiedades físicas	Conceptualización
<i>¿Qué es la masa?</i>	El profesor debe ayudar a conceptualizar que la masa es la cantidad de materia contenida en un cuerpo. Además, enfatizar que la masa de un cuerpo es constante y no cambia.
<i>¿Qué es la forma espacial o geométrica?</i>	El profesor debe esclarecer que la <i>forma espacial o geométrica</i> difiere de la forma aparente o estado físico de un sistema material. La primera, debe ser concebida como la descripción geométrica de la parte del espacio ocupado por un sistema material sólido, líquido o gaseoso.
<i>¿Qué es el volumen?</i>	El volumen como magnitudes entendido como el espacio que ocupa un cuerpo. Sólidos, líquidos y gases presentan volúmenes que puede ser medidos utilizando diferentes unidades (m^3 , L)
<i>¿Qué son los estados</i>	El profesor ya habiendo conceptualizado la forma geométrica le resta solo

de agregación de la materia?	destacar que los estados de agregación son las formas aparentes que adoptan los sistemas materiales y que éstas son dependientes del arreglo o disposición que adoptan las partículas submicroscópicas. En consecuencia, la materia se presenta en (4) estados físicos: solido, liquido, gaseoso y plasma.
-------------------------------------	--

Otra de las dificultades, que presentan los estudiantes sobre este tópico, es que les cuesta describir la forma geométrica o espacial que adoptan los sistemas materiales. De ahí, que asuman esta propiedad como si se tratara de los estados de agregación de la materia. Esto se debe a que confunden la forma geométrica o espacial con la forma aparente de sólidos, líquidos y gases. Tales dificultades pueden ser superadas, a través, de una rutina de transacción de significados y formas de significar en el plano social del aula, en la que se plantean argumentos y contraargumentos a los modelos explicitados por los estudiantes. De otro lado, los estudiantes no cuentan con un patrón común de propiedades físicas para describir los sistemas materiales según su estado físico aparente. Dicha situación les imposibilita acceder a la estructura interna de la materia con la cual podrán interpretar las propiedades físicas de los sistemas materiales. En consecuencia, el profesor deberá asumir el proceso de evaluación formativa monitoreando las observaciones hechas por los estudiantes dentro de los grupos cooperativos, y, después, se movilizará hacia la identificación y descripción de un patrón común de propiedades físicas de las sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso, a partir de la siguiente tabla:

Identificación de Propiedades físicas y desarrollo de esquemas conceptuales	DESCRIPCION MACROSCÓPICA				
	Hielo	Agua	Trozo de Chokolatina (inicial)	Trozo de Chokolatina (final)	Aire
Estado físico	Solido	Liquida	solida	liquida	gas
Forma geométrica	Cúbica (fija)	Adopta la forma del recipiente que la contiene	Cuadrada (fija)	Adopta la forma del recipiente que la contiene	Adopta la forma del recipiente que lo contiene. Se Difunden en el espacio.
Masa	Se calcula en la balanza	Después de que el hielo se derrita a temperatura ambiente, se calcula la masa y se registra dicho cálculo en su informe escrito grupal.	Se calcula en la balanza	Primero se mide el peso del recipiente vacío y después se mide el peso del recipiente con el chocolate. La diferencia es la	Primero se calcula la masa de un globo desinflado. Después, se llena con aire y se vuelve a calcular su masa. La diferencia es la masa del aire.

				masa del chocolate.	
Volumen	Se calcula utilizando la fórmula para el volumen de un sólido regular (largo x ancho x alto)	Se mide la capacidad que ocupa el agua en un recipiente graduado.	Se calcula utilizando la fórmula para el volumen de un sólido regular (largo x ancho x alto)	Se mide la capacidad que ocupa el chocolate fundido en un recipiente graduado	El volumen de los gases se calcula midiendo el espacio que éstos ocupan, utilizando recipientes cerrados.
Conservación de la masa	Verificar que la masa del hielo se conserva durante el proceso de cambio físico (fusión). Para ello, se debe pesar el trozo de hielo antes y después de la fusión.		Verificar que la masa del trozo de chocolate se conserva durante el proceso de cambio físico (fusión). Para ello, se debe pesar el trozo de chocolate antes y después de la fusión.		Sugerir a los estudiantes que el globo con aire sea pesado al finalizar la clase. Con ello, se busca que ellos detecten que debido a la interacción entre los sistemas interno y externo. El primero perdió masa y el segundo ganó. En definitiva, se conserva la masa entre ambos sistemas.
Interacción Sistémica	El sistema hielo interacciona con el sistema aire. Este último le transfiere energía en forma de calor haciéndolo derretir.		El sistema chocolatina interacciona con el sistema agua caliente. Este último, le transfiere energía al primero, ocasionando la pérdida de su forma y, el cambio de estado de solido a líquido.		El sistema aire dentro del globo interacciona con el sistema aire atmosférico y con el sistema globo.
Equilibrio térmico	Cuando el sistema aire le transfiere la energía al sistema hielo se evidencia que éste último se derrite. El equilibrio térmico se percibe cuando la temperatura del sistema es constante (no hay aumento ni disminución de la temperatura).		Ocurre cuando ambos sistemas alcanzan la misma energía y por tanto, la misma temperatura. Una vez que las temperaturas se equiparan se suspende el flujo de calor del sistema agua caliente al sistema chocolatina.		Después de unas horas, los tres sistemas al interaccionar entre sí, intercambian energía y en consecuencia, llegan al equilibrio térmico entre ellos.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2b: Construyendo un modelo discontinuo de la materia a partir del desarrollo de un circuito de prácticas experimentales



Tomado de: <http://es.clipartlogo.com/free/eduaction.html>

Desarrollar un circuito de experiencias prácticas:

-VASOS CON SÓLIDOS Y LÍQUIDOS.

Procedimiento

Se requieren (4) vasos transparentes que debes rotular de (1 a 4): en el primero, agregue un cubo de hielo. El segundo llénelo con agua; el tercero, deposite un trozo de chocolatina. Finalmente, para llenar el último, realice un baño maría y derrita el trozo de chocolate del vaso (2).

Tareas Problema

1. Observa y prediga acerca de los siguientes fenómenos del mundo cotidiano:
 - ¿De qué material esta hecho el cubo de hielo?
 - ¿Qué forma toma el hielo inmediatamente después que es agregado al vaso?
 - ¿Qué forma toma la chocolatina inmediatamente después que es agregada al vaso?
 - ¿Qué forma toma el hielo después de unos minutos de haber sido depositado en el vaso?
2. En un recipiente al baño maría, deposite un trozo de chocolatina. Caliente durante algunos minutos en una estufa o plancha calentadora hasta que la chocolatina se haya derretido.

Responda los siguientes interrogantes:

- 2.1 ¿Qué forma toma la chocolatina después de unos minutos de haber sido depositada en el vaso?
- 2.2 ¿Qué puedes decir acerca de la forma adoptada por los sólidos (como el hielo y la chocolatina) líquidos (como el agua y la chocolatina derretida) y gases (como el aire)?
- 2.3 ¿Se conserva la masa y el volumen del hielo aunque haya cambiado su forma?

2.4 ¿Se conserva la masa y el volumen del chocolate aunque haya cambiado su forma?

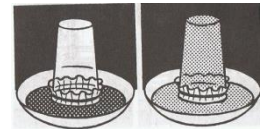
2.5 ¿En cuál de los sistemas materiales se evidencia el esquema del equilibrio térmico?

2.6 Utilice los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación y equilibrio térmico para representar lo que ocurre en cada uno de los sistemas materiales en estudio.

VASO BOCA ABAJO:

PREGUNTA CONTEXTUALIZANTE y/o Pregunta clave: *¿Qué hay en el interior de un vaso invertido que no permite la entrada de agua dentro de él?*

Diseño experimental:



Procedimiento.

Llene un pequeño recipiente con agua hasta la tercera parte. Después, tome un vaso de vidrio, gírelo boca abajo y colóquelo verticalmente dentro del recipiente con agua.

Tareas problema:

1. ¿Identifica cuántos y cuáles son los sistemas materiales que están interactuando en el experimento?
2. Describe lo que observas al interior del vaso que se encuentra boca abajo.
3. ¿Por qué el agua del recipiente no asciende hasta la parte superior del vaso boca abajo?
4. Elabora una explicación del anterior fenómeno donde el aire es considerado una entidad material a pesar de no ser percibido visualmente. Para ello, se deberán basar en las evidencia recogidas durante la experimentación bajo consideración.
5. Argumente macroscópicamente ¿por qué el agua del recipiente no pasa al interior del vaso al revés? Utilizando, la idea de entidad material, sistema material, y el concepto de volumen.

6. Ahora, utiliza el esquema de interacción sistémica y la idea de discontinuidad de la materia para explicar submicroscópicamente ¿por qué el agua del recipiente no pasa al interior del vaso al revés?

AGREGAR AZÚCAR AL AGUA CALIENTE:

Procedimiento

Adicione con un beaker o probeta 10 cm³ de azúcar a 25 cm³ de agua caliente. Disuelva y mida el volumen final que ocupa la mezcla.



- 1.1 ¿Qué ocurrió en esta experiencia?
- 1.2 ¿Cuál fue el volumen final obtenido en esta experiencia?
- 1.3 ¿El volumen final corresponde a lo que ustedes esperaban?
- 1.4 ¿Qué esperas que llegue a ser el volumen final?
- 1.5 ¿Por qué se disolvió el azúcar en el agua?
- 1.6 ¿Qué explicaciones podrían plantearse sobre el resultado final obtenido? Plantea algunas hipótesis al respecto.

2. Cantidad de azúcar.

2.1 Calcula cuánta cantidad de azúcar hay dentro de la probeta o beaker (10 cm³). Para ello, debes utilizar una balanza.

2.2 Calcula cuánta cantidad de agua hay dentro de la probeta o beaker (10 cm³). Para ello, debes utilizar una balanza.

2.3 ¿Si el volumen de agua y azúcar es el mismo, la cantidad de azúcar y agua se conserva?

2.4 Plantea una hipótesis que trate de explicar esta situación.

2.5 Finalmente, registra en esta tabla de formato discontinuo tus predicciones, observaciones y modelos explicativos de nivel macroscópico a partir del siguiente circuito de prácticas experimentales:

FENOMENO	ESTRATEGIA POE		
	PREDECIR	OBSERVAR	EXPLICAR
<i>¿Qué forma tiene...?</i>			
<i>¿Cuánta cantidad hay...?</i>			
<i>¿Por qué se disuelve el azúcar en el agua?</i>			
<i>¿Qué hay en el interior de un vaso invertido que no permite la entrada de agua dentro de él?</i>			

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2c: Desarrollando un modelo discontinuo de la materia y/o Construyendo la idea de discontinuidad de la materia

(Actividad de puesta en escena de la idea de discontinuidad de la materia)

Objetivos de enseñanza

- Explorar el lenguaje social cotidiano de los estudiantes a partir de un circuito de preguntas claves que se focalizan en la naturaleza particulada de la materia.
- Introducir en el plano social del aula, la idea de que la materia está formada por partículas que no se pueden percibir a través de nuestro sistema sensorial a través de la cual se da sentido a la naturaleza, estructura y transformaciones de la materia. Adicionalmente, brinda la oportunidad a los estudiantes de continuar con el desarrollo de los esquemas conceptuales de la interacción sistémica y la conservación de propiedades no observables.
- Comprometer a los estudiantes con el uso de la idea de que la materia está formada por partículas que no se pueden percibir a través de nuestro sistema sensorial, con el propósito, de apalancar la construcción de las demás ideas que constituyen el modelo simple de partículas.

- Desafiar las ideas contraintuitivas (naturaleza epistemológica) acerca de la naturaleza discontinua de la materia detectando in situ, aquellos incidentes críticos que se oponen a la aceptación de un modelo corpuscular de la materia que describe la naturaleza y comportamiento de las partículas.
- Comprometer a los estudiantes con la construcción gradual de las ideas de vacío, movimiento e interacción entre las partículas, con la intención de que éstas logren explicar con un nivel mayor de sofisticación algunas de las propiedades físicas y fenómenos cotidianos, tales como, la forma, masa, volumen, compresibilidad y difusión.

Resultados de aprendizaje

Al final de la actividad, los alumnos serán capaces de:

- Reconocer sus propias ideas y las de sus compañeros acerca de la naturaleza discontinua de la materia.
- Empezar a construir la idea de que la materia está formada por partículas que no se pueden percibir a través de nuestro sistema sensorial, la cual, serviría como idea de apalancamiento para empezar a construir las demás ideas del modelo corpuscular de la materia y desarrollar los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación de propiedades no observables y equilibrio térmico.
- Usar las ideas científicas de discontinuidad de la materia, vacío, movimiento e interacción para dar sentido a propiedades y fenómenos físicos, tales como, la forma, masa, volumen, la disolución, difusión y compresibilidad.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases en: - pequeños grupos de discusión. - Trabajo individual.	Formular preguntas: • Tipos de pregunta • La distribución de las preguntas. • Preguntas con tiempo de Espera.	• La evaluación formativa; • La discusión; • El POE (Observar, predecir y explicar); • El desarrollo de prácticas científicas tales como: el planteamiento de hipótesis, la justificación; el diseño de experimentos sencillos en el aula de clase o en casa; • Uso de ilustraciones.	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

Los estudiantes utilizarán:

- Hoja de trabajo: actividad de aprendizaje No.2.1: “*Desarrollando un modelo discontinuo de la materia*”.
- Computador portátil.
- Proyector de diapositivas (videobeam)
- Diario de química.
- regla

Tipo de interacción

El profesor emplea una rutina de organización de la clase en trabajo individual. El profesor dirige el discurso a través de la pregunta: *¿Qué puede existir al interior de la estructura de un sólido, un líquido y un gas que permite dar explicación a un patrón común de propiedades físicas?* Usando un enfoque **Dialógico interactivo (ID)** para explorar y dejar explícitas las ideas cotidianas sobre la pregunta en cuestión. **Dialógico-No interactivo** para comparar y contrastar los lenguajes cotidiano y científico. De ahí, ellos pasan a registrar sus respuestas individuales en el diario de clase. Al final, el profesor sigue orquestando la clase usando una rutina de organización del aula en grupos cooperativos seleccionando un monitor más adelantado, para que sea él, quien explique y justifique sus respuestas ante el colectivo áulico usando para ello, un enfoque **interactivo-dialógico**. Para finalizar la actividad y cerrar el discurso él utiliza un enfoque **No interactivo-de autoridad** para elaborar conclusiones y avanzar hacia la construcción colegiada de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia.



Dialógico-No interactivo e Interactivo-dialógico

Evaluación formativa

Para esta actividad de enseñanza y aprendizaje la evaluación de tipo formativo cumple con la finalidad de:

- Atender y valorar el lenguaje social cotidiano de los estudiantes frente a la naturaleza discontinua de la materia ya que con ello, es posible, detectar inconsistencias y posibles ideas contraintuitivas sobre la naturaleza corpuscular de la materia.

- Trabajar sobre el conocimiento cotidiano acerca de la naturaleza discontinua de la materia para que los estudiantes puedan acceder al desarrollo de un modelo corpuscular capaz de interpretar las propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases.
- Verificar el avance de la apropiación conceptual de la idea de la naturaleza corpuscular de la materia, a través, de la técnica de transacción y negociación de significados y el monitoreo del nivel de compromiso cognitivo, social, actitudinal en el plano social e individual de los estudiantes sobre el uso del lenguaje multinivel en la descripción, explicación y representación simbólica de sólidos, líquidos y gases.

¿Qué sucede en esta actividad?

A partir de esta fase de la enseñanza del núcleo de la discontinuidad de la materia, es apropiado introducir en el plano social del aula una representación particulada de la materia. De tal modo, que el discurso se oriente hacia la siguiente formulación: ***¿Qué puede existir al interior de la estructura de un sólido, un líquido y un gas que permite dar explicación a un patrón común de propiedades físicas?*** De ahí, que este interrogante servirá como punto de partida para la construcción de un modelo teórico basado en partículas que irá contemplando progresivamente las cinco grandes ideas del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia (naturaleza corpuscular, vacío, movimiento e interacción de las partículas): Ahora bien, si a partir de este interrogante no se logra aflorar espontáneamente la idea de discontinuidad en el plano social del aula, entonces, el profesor plantea como actividad de apoyo y/o consolidación del conocimiento, un circuito o serie de experiencias prácticas, junto con, sus respectivas preguntas orientadoras que apoyaran a los estudiantes para que ellos vayan accediendo progresivamente a esta gran idea. Para ello, el utilizará la técnica de formular interrogantes a través de una presentación de diapositivas en Power Point. Asimismo, las preguntas están diseñadas para explorar el lenguaje social cotidiano de los estudiantes y para verificar el avance de éstas hacia las grandes ideas del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia:

PREGUNTA

A partir de una rutina de organización del aula en trabajo individual y de gran grupo, analicen la siguiente formulación:

¿Qué puede existir al interior de la estructura interna de un sólido, un líquido y un gas que permite dar explicación a un patrón común de propiedades físicas como la masa, forma, volumen, compresibilidad y difusión?

CIRCUITO DE PREGUNTAS CLAVES	JUSTIFICACION ARGUMENTADA
¿Qué puede existir al interior de la estructura interna de un sólido, un líquido y un gas que permite dar explicación a un patrón común de propiedades físicas como la masa, forma, volumen, compresibilidad y difusión?	
¿De qué están compuestos los objetos en el mundo submicroscópico?	
¿Existe algo más pequeño al interior de un sistema material o sustancia que no se pueda ver con nuestros ojos? ¿Según el lenguaje científico, podemos considerar a las partículas como entidades materiales?	
¿Las partículas podrían llegar a ser diferentes en los sólidos, líquidos y gases?	

Después de escuchar los argumentos elaborados por los estudiantes acerca de las anteriores preguntas, el profesor presenta a continuación, una representación iconográfica tridimensional, la cual, ha sido modelada por la comunidad científica durante la construcción de un diseño experimental, para analizar la estructura interna de un sistema material en estado líquido. A partir de ella, se lograron visualizar las siguientes entidades submicroscópicas:

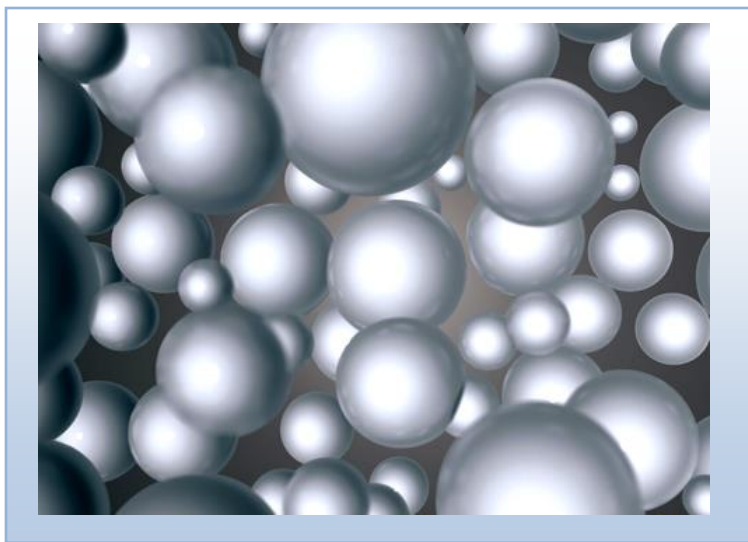


Imagen de partículas submicroscópicas tomada de <http://k38.kn3.net/taringa/2/3/0/8/5/4/naza1993/947.gif?9429>

Inmediatamente, se les interroga a los estudiantes: ¿Qué están visualizando en esta representación? ¿A qué sistema material pertenecen? y, ¿en qué estado aparente se encuentran? Dicha representación iconográfica de partículas en estado líquido, sirve como puente entre el conocimiento cotidiano y, el nuevo conocimiento que han venido construyendo los estudiantes sobre la idea de la naturaleza discontinua de la materia. Así pues, el profesor interviene la clase, explicitándoles que ahora, ellos deben identificar un patrón de propiedades no observables de los sistemas materiales (propiedades de las partículas) a partir del patrón de propiedades físicas observados y descritos en la tarea anterior:

Patrón de propiedades físicas observables del sistema material en estudio	Patrón de propiedades no observables de las partículas
Forma geométrica o espacial	Disposición o arreglo de las partículas.
Masa	La cantidad o número de partículas de un sistema material.
Volumen	Entre partícula y partícula hay espacios vacíos. Adicionalmente, el volumen depende de las distancias intermoleculares entre ellas.

Fluidez de un sólido, líquido y gas	Las partículas presentan movimiento intrínseco que las lleva a ocupar los espacios inter e intrapartícula.
Estados físicos o de agregación de la materia	Las interacciones entre las partículas determinan sus propiedades físicas y los estados de agregación de la materia

Esta tarea es clave para acceder a la naturaleza y comportamiento de las partículas. No obstante, el rol del profesor también es crítico para que los estudiantes puedan establecer estas relaciones conceptuales de nivel macroscópico y submicroscópico. Así, el profesor debe plantear formulaciones, tales como:

*“si al interior de un sólido hay partículas, ¿cómo se encuentran éstas organizadas para que den lugar a las **formas geométricas** regulares o irregulares? (hacer este mismo interrogante para líquidos y gases);*

*“Si la **masa** es conceptualizada como la cantidad de materia que posee un cuerpo material y éste se encuentra formado por partículas, entonces..._____;*

*“Si el **volumen** es conceptualizado macroscópicamente como el espacio que ocupa un cuerpo o sistema material y, todo sistema material está formado por partículas, entonces, ¿qué puede existir entre partícula y partícula?;*

En la siguiente tarea, el profesor se focaliza en que los estudiantes usen las anteriores asunciones formuladas durante el debate, usando un enfoque o patrón discursivo interactivo-de autoridad. Valiéndose del nivel de representación submicroscópico y simbólico de la química, ellos deben completar la siguiente tabla de formato discontinuo:

Patrón de Propiedades no observables de las partículas	DESCRIPCION SUBMICROSCÓPICA				
	Hielo	Agua	Trozo de Chokolati na sólida	Trozo de Chokolatina derretida	Aire
Arreglo o disposición de las partículas					

Forma de las partículas					
Número y tamaño de partículas					
Espacios vacíos entre las partículas					
Movimiento intrínseco					
Interacción inter e intra partícula					
Equilibrio térmico					

SESIÓN PLENARIA

El profesor orienta a los estudiantes a través de una rutina de organización de la clase en grupos cooperativos para que construyan una tabla, a partir de la cual, podrá describir cada una de las propiedades físicas. Ahora lo hacen, en términos de un nuevo patrón de propiedades no observables de la materia. A partir, del establecimiento de dicha relación conceptual, se pretende que ellos generen las grandes ideas sobre el núcleo de la discontinuidad de la materia, las cuales, permitan dar cuenta de las propiedades de sólidos, líquidos y gases. Para realizar esta tarea el profesor utiliza la estrategia pedagógica de:

Patrón de propiedades	Descripción del patrón de propiedades físicas no observables
-----------------------	--

físicas observables	
Forma	Los sólidos presentan formas definidas, los líquidos adoptan la forma del recipiente que los contiene y, los gases se difundan en el espacio. En efecto, los sólidos mantienen una forma fija debido a la rigidez de las uniones y a las fuerzas de atracción entre sus partículas).
Masa	Los sistemas materiales poseen un número determinado de partículas que es dependiente a la cantidad de materia que poseen. En efecto, la comunidad científica les ha asignado a las partículas la propiedad de la masa.
Volumen	Hace referencia a los espacios existentes entre las partículas. A mayor espacios y distancias entre las partículas mayor será e volumen que ocupan los sistemas materiales en el mundo macroscópico.
Difusión	La difusión es posible gracias a los espacios existentes entre partícula-partícula. Asimismo, las partículas interactúan entre sí, aunque haya diferentes tipos de ellas formando uno o más sistemas. Explicar la difusión de las sustancias en términos del movimiento continuo e intrínseco de las partículas y de los enlaces entre las partículas. Así pues, las partículas de los gases ocupan el espacio que haya disponible a causa de la poca fuerza de atracción existente entre las partículas. En este sentido, la fluidez que los caracteriza les permite llenar el espacio disponible. En cambio, los líquidos presentan mayores fuerzas de atracción entre sus partículas que los gases.
Compresibilidad	Comprender macroscópicamente que los sólidos y líquidos no se comprimen mientras que los gases sí, a causa, de que en los primeros los espacios vacíos son considerados muy pequeños, en tanto los segundos son grandes.
Estados físicos o de agregación de la materia	La apariencia macroscópica de la materia depende del arreglo submicroscópico de las partículas. Adicionalmente, este arreglo determina los estados de agregación de la materia y sus propiedades físicas.

Para comunicar y establecer consenso, los modelos de los estudiantes se presentan a través del diseño de murales. Cada grupo selecciona un monitor más adelantado para que explicita las representaciones ante el colectivo áulico. Después, el profesor revisa de manera atenta y reflexiva las ideas presentadas por ellos, desafiando las ideas contraintuitivas acerca de la naturaleza discontinua de la materia y, detectando in situ, aquellos incidentes críticos que se oponen a la aceptación de un modelo discontinuo de la materia enfatizando en las posibles inconsistencias de sus argumentos. Para lograrlo, él identifica a través de la técnica de preguntas y respuestas un patrón de características no observables de los sistemas materiales. De esta manera, el va negociando un modelo consenso que describe la naturaleza y comportamiento de las partículas, de la siguiente manera:

- pequeñas bolitas esféricas, duras y de tamaño submicroscópico. No obstante, dependiendo de la naturaleza de la sustancia, éstas pueden asumir diversos tamaños y pesos atómicos.
- Entre partícula y partícula solo pueden existir espacios vacíos. De lo contrario, se invalidaría la tesis científica que pone en juego, las reglas del modelado, las cuales le atribuyen masa y movimiento a las partículas.
- Las partículas que componen las sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso permanecen en movimiento perpetuo e intrínseco y, en interacción (intra-partícula e inter-partícula).
- Las partículas que forman la materia presentan un arreglo que determina las propiedades macroscópicas de sólidos, líquidos y gases.
- Las partículas que conforman las sustancias materiales son de naturaleza abstracta. Es decir, no tienen existencia real ni material. De ahí, que no se les pueda atribuir propiedades macroscópicas como el color.

El sentido de negociar un modelo concertado por toda la clase, es lograr que el corredor conceptual diseñado por el profesor se convierta en una posibilidad para alcanzar la trayectoria conceptual de todos los estudiantes en el plano social del aula, a pesar, de que cada uno desarrolle su propia trayectoria personal. Ahora bien, este modelo deberá ir alcanzando un nivel cada vez más sofisticado de complejidad, a medida, que se vaya avanzando en las subsiguientes actividades de aprendizaje del tópico en consideración. Para concluir, el profesor invita a los estudiantes a que usen la técnica de producción textual y la registren en su diario de química para que en la siguiente clase esta sea socializada y debatida a través de una rutina en gran grupo.

Actividad de aprendizaje No. 2

Tarea 1: En grupos cooperativos, piensen y luego construyan una justificación a cada una de las preguntas formuladas en este circuito:

CIRCUITO DE PREGUNTAS CLAVES	JUSTIFICACION ARGUMENTADA
------------------------------	---------------------------

¿Qué puede existir al interior de la estructura interna de un sólido, un líquido y un gas que da origen a un patrón común de propiedades físicas como la forma, masa y volumen?		Tarea 2: A partir del patrón de propiedades físicas consensuado con el colectivo áulico, ahora, debes avanzar hacia la identificación de un patrón de propiedades no observables de los sistemas materiales. Para ello, utiliza la siguiente tabla de formato discontinuo:
¿De qué están compuestos los objetos en el mundo submicroscópico?		
¿Existe algo más pequeño al interior de un sistema material o sustancia que no se pueda ver con nuestros ojos?		
¿Según el lenguaje científico, podemos considerar a las partículas como entidades materiales?		
¿Las partículas podrían llegar a ser diferentes en los sólidos, líquidos y gases?		
¿Qué hay entre partícula y partícula?		

ado con el colectivo áulico, ahora, debes avanzar hacia la identificación de un patrón de propiedades no observables de los sistemas materiales. Para ello, utiliza la siguiente tabla de formato discontinuo:

Patrón de propiedades físicas observables	Descripción del patrón de propiedades físicas no observables
Forma	
Masa	
Volumen	
Difusión	
Compresibilidad	
Estados físicos o de agregación de la materia	

Tarea 3: Con relación al patrón de ideas establecidas en la anterior actividad, los estudiantes deben movilizarse a una descripción de nivel submicroscópico de los sistemas materiales en estudio:

Patrón de	DESCRIPCION SUBMICROSCÓPICA
------------------	------------------------------------

Propiedades no observables de las partículas y esquemas conceptuales	Hielo	Agua	Trozo de Chocolate sólida	Trozo de Chocolate derretida	Aire
Arreglo o disposición de las partículas					
Forma de las partículas					
Número de partículas					
Espacios vacíos entre las partículas					
Tamaño de las partículas					
Interacción sistémica entre partículas					
Conservación de la materia					
Equilibrio térmico					

Tarea 4: Solicitar que los estudiantes elaboren un texto con coherencia y cohesión donde expliciten las fortalezas y dificultades de aprendizaje que apoyan u obstaculizan la comprensión conceptual del modelo corpuscular de la materia y, del desarrollo de

los esquemas conceptuales de la química, con el fin, de que ellos continúen implementando las competencias lingüísticas y comunicativas en el plano social del aula de química.



“Por otra parte, si no existiera el lugar y el espacio que llamamos vacío, los cuerpos no podrían asentarse en ningún sitio, ni moverse en direcciones distintas ... [...] Pues doquiera se extiende el espacio libre que llamamos vacío, no hay materia; y donde se mantiene la materia, no puede haber espacio hueco. [...] Los átomos son, pues, sólidos y simples, formando un todo coherente de partes mínimas. [...]”

“Los que, más densamente asociados, chocan y rebotan dentro de exiguos intervalos, trabados como están por la maraña de sus formas, constituyen las tenaces raíces de las peñas, la indómita sustancia del hierro y los demás cuerpos de este género”

... es indudable que ningún reposo se ha concedido a los átomos a través del profundo vacío, sino que, agitados en continuo y vario movimiento, unos rebotan, después de chocar, hasta grandes distancias, mientras otros sufren los golpes dentro de un breve espacio.

Cita tomada de la obra de Tito Lucrecio Caro (siglo I), que en su largo poema De rerum natura.

Actividad No. 6 Como explicamos los tres estados de agregación de la materia.

(Apoyo a la internalización de un modelo discontinuo de la materia)

Objetivos de enseñanza

- Involucrar a los estudiantes en la consolidación de la gran idea de la discontinuidad de la materia.

- Comprometer a los estudiantes en la introducción y construcción inicial de las ideas de vacío, movimiento e interacción entre partículas, con la intención de que éstas logren explicar con un nivel mayor de sofisticación los tres estados de la materia.
- Apoyar a los estudiantes en la construcción de analogías o modelos analógicos a través de los cuales ellos podrán representar un patrón consenso de las características que conforman el modelo corpuscular de la materia.

Resultados de aprendizaje

- Construyo modelos analógicos a través de los cuales puedo explicitar y después volver consciente las concepciones alternativas que sostengo acerca de las características no observables de las partículas, con el fin, de avanzar hacia la construcción de un modelo de partículas consenso que me permita explicar las propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases de manera mas potente.
- Explico las diferencias existentes entre los estados físicos de la materia a nivel macroscópico como submicroscópico.
- Identificarlas mejoras que puedo hacer a los modelos desarrollados por mí y demás compañeros, para que, éstos evolucionen hacia el modelo corpuscular de la materia.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano. ✓ Transacción de significados y formas de significar en el aula. ✓ Organizar el aula de clases en: -pequeños grupos de discusión. - Trabajo individual.	formular preguntas: • Tipos de pregunta • La distribución de las preguntas. • Preguntas con tiempo de Espera.	• La discusión; • El POE (Observar, predecir y explicar); • El desarrollo de prácticas científicas tales como: el planteamiento de hipótesis, la justificación; el diseño de experimentos sencillos en el aula de clase o en casa; • Uso de simulaciones.	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

--	--	--	--

Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

Los estudiantes utilizarán:

- Hoja de trabajo: actividad de aprendizaje No.2.1: *Elaborando un modelo discontinuo de la materia para explicar los tres estados de agregación de la materia.*
- Diario de química
- Regla.

Tipo de interacción discursiva

El profesor trabaja con sus estudiantes empleando una rutina de organización de la clase en grupos de (4) o (5) estudiantes. El profesor invita a sus estudiantes a que desarrollen explicaciones de nivel submicroscópico a las observaciones de los fenómenos cotidianos realizadas durante las prácticas experimentales; para ello, él dirige la clase usando un enfoque **Dialógico-No interactivo (NID)**. Después, para explorar concepciones contraintuitivas y detectar posibles inconsistencias que limiten el uso de la interpretación submicroscópica de la materia se empleará un enfoque **Interactivo-De Autoridad (IA)** con la intención de volver consciente las ideas sobre discontinuidad, vacío, movimiento e interacción entre partículas a partir de los interrogantes planteados por el profesor. Finalmente, el profesor orientará la clase seleccionando un enfoque **Dialógico- interactivo (DI)** para socializar sus respuestas a través del monitor de grupo y para representar el juego de roles durante la sesión plenaria. A medida que van explicitando sus respuestas a las preguntas claves, ellos pasaran a registrarlas en el informe escrito elaborado por el monitor. Los demás estudiantes del equipo registraran sus respuestas de manera personal en el diario de clase. Para dar cierre a la actividad, él utilizará un enfoque **Evaluación formativa (IA)** para establecer un patrón consenso que logre describir y explicar la naturaleza y comportamiento de las partículas en los tres estados físicos de la materia.



Para esta actividad de enseñanza y aprendizaje la evaluación de tipo for

- Explorar y hacer explícito a profesor y estudiantes el lenguaje social cotidiano de los estudiantes acerca de la naturaleza discontinua de la materia.
- Detectar posibles inconsistencias o dificultades de aprendizaje que impidan a los estudiantes la internalización de una representación de nivel submicroscópico que pueda dar respuesta a los estados de agregación y más adelante apalancar los cambios de estado físico.
- Apoyar a los estudiantes para que construyan una representación particulada y empiecen a elaborar las nociones de vacío, movimiento intrínseco e interacción. De hecho, se deben incorporar otras características del modelo corpuscular a medida que

se requieren interpretar fenómenos más complejos como la difusión de líquidos y gases y, los cambios de estado de la materia.

- Monitorear y valorar el nivel de compromiso social, actitudinal y procedimental de los estudiantes frente al trabajo cooperativo, la explicitación de sus ideas y el cumplimiento del rol que se le ha atribuido en el equipo de trabajo.

¿Qué sucede durante esta actividad?

Se trata en primer lugar, de avanzar hacia la consolidación de la gran idea de la naturaleza corpuscular de la materia, al tiempo, de ir introduciendo cada una de las nociones de vacío, movimiento intrínseco e interacción entre las partículas. No obstante, cuando se van desarrollando gradualmente estas ideas, desde luego, irán apareciendo otras características claves que deben ser elaboradas progresivamente para acceder a un modelo de partículas que pueda dar interpretación a los estados de agregación y cambios físicos de la materia. En este sentido, se ha incluido previamente al desarrollo de los modelos analógicos una tarea que permite explicitar y detectar posibles concepciones contraintuitivas e inconsistencias que limiten el uso de la interpretación submicroscópica de la materia por parte de los estudiantes. A través de la estrategia pedagógica del **POE** se pretende que los estudiantes predigan y construyan representaciones mentales de aquellos fenómenos cotidianos que se observaron en el desarrollo de las prácticas experimentales previas a esta actividad. De esta manera, sería mucho más fácil que ellos puedan construir sus propias representaciones particuladas de la materia:

<i>¿Cómo se explica a nivel submicroscópico que...</i>	ESTRATEGIA POE		
	PREDECIR	OBSERVAR	EXPLICAR
<i>... “el aire pueda ser comprimido en una jeringa”</i>	Los estudiantes podrán plantear que las partículas de aire se comprimen y en consecuencia, se disminuye el espacio entre ellas.	Se solicita a los estudiantes que construyan representaciones mentales de los fenómenos	<i>El aire puede ser comprimido ya que entre partícula y partícula hay espacios y por tanto, no puede existir ningún otra entidad material...solo vacío”</i>
<i>... “un globo cuando se revienta el</i>	Ellos afirmarían que las partículas se escapan y desaparecen. También es		<i>En los gases, las partículas de las sustancias están tan alejadas unas de las otras, que se desprecian las fuerzas</i>

aire dentro de él se escapa”	posible que argumenten que las partículas de aire dentro del globo se mezclan con las partículas de aire que están dentro del recinto o habitación donde ocurrió el fenómeno.	visualizados en la actividad previa.	intermoleculares. De ahí que, en este estado de agregación, las partículas se desplazan de manera aleatoria colisionando entre ellas y con las paredes del recipiente que las contiene.
...”el agua dentro de un recipiente pueda derramarse”;	Es posible que los estudiantes anuncien que las partículas son líquidas y más blandas, situación que les permite deslizarse y moverse entre sí.		En los líquidos, aunque las partículas de las sustancias están a distancias aproximadamente equivalentes a las de los sólidos, las fuerzas que las mantienen unidas son más débiles, situación que les permite poderse desplazar unas con respecto a las otras. Es decir, éstas no presentan una posición fija, pudiendo colisionar y deslizarse una sobre la otra.
...”un cubo de hielo no se derrame”	Los estudiantes pueden plantear que las partículas en el estado sólido se encuentran tan pegadas entre sí, ocasionando que éstas no se puedan mover de su punto fijo.		En el estado sólido las partículas de las sustancias están muy próximas, a causa de que las fuerzas intermoleculares son elevadas. Naturalmente, que este hecho restringe el movimiento de translación y rotación de las partículas, permitiéndole únicamente movimiento de vibración en su posición de equilibrio.

El profesor invita a los estudiantes para que organizados en una rutina de grupos cooperativos de (8) estudiantes desarrollen modelos analógicos a partir de una estrategia de juego de roles. De esta forma, ellos se verán involucrados en el desarrollo de la práctica científica del modelado, a través de la cual, ellos refinarán sus modelos corpusculares hacia uno más elaborado que tenga en cuenta las propiedades no observables de las partículas (tamaño, color, forma, número; vacío, movimiento e interacción entre las partículas). Asimismo, la intención es avanzar gradualmente hacia el desarrollo de las demás características del modelo corpuscular, a saber: fuerzas inter e intrapartícula y enlaces.

No obstante, la introducción posterior de las grandes ideas en que fue secuenciado el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia jugará un papel clave para su desarrollo. Finalmente, el propósito de esta actividad es que los estudiantes apliquen el modelo recién acordado por el grupo clase, para explicar nuevas propiedades y los estados de agregación de la materia, a través de las subsiguientes actividades de aprendizaje de esta lección. Así, los estudiantes podrán aplicarlo que han internalizado en el plano individual y pondrán a prueba el avance de sus modelos hacia los científicos. En este sentido, el profesor invitará a los estudiantes a que identifiquen las posibles mejoras que se pueden hacer a sus modelos.

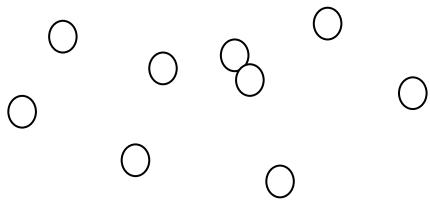
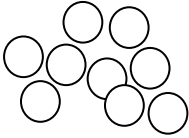
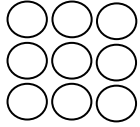
El rol que asume el profesor en esta actividad de aprendizaje será el de monitorear y mediar dicha construcción conceptual a partir de rutinas (la transacción de significados y formas de significar acerca de las propiedades no observables de la materia, la organización del aula en grupos cooperativos); técnicas (la formulación de interrogantes y sub-interrogantes claves) y estrategias (el uso de prácticas científicas como la modelización a través del desarrollo de juego de roles y/o construcción de analogías y uso de imágenes y representaciones visuales o iconográficas).

SESION PLENARIA

PARTE I.

La sesión plenaria abre el discurso entre profesor y estudiantes en el plano social del aula de química acerca del modelo de partículas de sólidos, líquidos y gases. Así pues, ésta se centra en dos objetivos claves y complementarios: en primer lugar, consolidar la internalización de las propiedades no observables de las partículas y en segundo, ya siendo fortalecidas éstas, los estudiantes podrán representar modelos analógicos mucho más consistentes de dicho patrón de propiedades. A medida que ellos van desarrollando el juego de roles, el profesor junto con los estudiantes van negociando un modelo consenso que describe la naturaleza y comportamiento de las partículas en los tres estados físicos. Terminada la actividad, los estudiantes deberán elaborar la siguiente tabla de formato discontinuo en la que identificarán las representaciones iconográficas de las partículas en los estados gaseoso, líquido y sólido. Vale la pena destacar, que el estado gaseoso es el primero en representarse teniendo en cuenta que éste es el que menos problemas genera al momento de aceptar la idea de espacios vacíos, distancias inter e intra partícula y movimiento intrínseco. La reflexión gira en torno al comportamiento de las partículas (tamaño, forma, disposición, distribución de las partículas, espacios, movimiento e interacción) en cada estado. A cada equipo de estudiantes se les entrega la hoja de trabajo No. X: *¿Cómo explicarías...los tres estados de agregación de la materia?* A continuación se describe el modelo teórico consenso establecido por la comunidad científica para los tres estados de agregación de la materia:

ESTADOS FISICOS DE LA MATERIA	MODELO CORPUSCULAR PARA LOS TRES ESTADOS DE LA MATERIA
-------------------------------	--

	• En los gases, las partículas de las sustancias están tan alejadas unas de las otras, que se desprecian las fuerzas intermoleculares⁹⁴. De ahí que, en este estado de agregación, las partículas se desplazan de manera aleatoria colisionando entre ellas y con las paredes del recipiente que las contiene.
	• En los líquidos, aunque las partículas de las sustancias están a distancias aproximadamente equivalentes a las de los sólidos, las fuerzas que las mantienen unidas son mucho más débiles, situación que les permite poder desplazarse unas con respecto a las otras. Es decir, éstas no presentan una posición fija, pudiendo colisionar y deslizarse una sobre la otra.
	• En el estado sólido, las partículas de las sustancias están muy próximas entre sí, generándose una disposición regular, a causa, de que las fuerzas intermoleculares son elevadas. Naturalmente, que este hecho restringe el movimiento⁹⁵ de las partículas. En efecto, las partículas en los sólidos no pueden moverse libremente la una sobre la otra (como ocurre en los líquidos) ni tampoco se chocan entre sí, debido, a que éstas se encuentran fuertemente unidas por enlaces.

Ahora, la sesión plenaria en su segunda parte cumplirá con el propósito de trabajar sobre la apropiación conceptual del modelo corpuscular para los tres estados de la materia. Por tal motivo, el profesor ha seleccionado el uso de la estrategia pedagógica de la simulación como un recurso digital, el cual, puede ser transformado en una herramienta cognitiva en el momento en que éste ha sido ajustado a las demandas de aprendizaje y objetivos de enseñanza para este tópico en particular. Desde luego, que las herramientas provenientes de dichos artefactos juegan un papel clave a lo largo del aprendizaje de las grandes ideas que constituyen el modelo corpuscular. Así, los estudiantes interaccionarán con ella, para representar a nivel macroscópico y submicroscópico los tres estados de la materia, y, de esta forma apalancar el proceso de diferenciación e integración de los niveles de representación de las ciencias y, el desarrollo de los esquemas conceptuales de interacción sistémica y

⁹⁴ Vale la pena recordar, que teniendo en cuenta el criterio de secuenciación de nivel de complejidad de lo simple a lo complejo, no es posible en esta fase de la enseñanza, desarrollar de manera más sofisticada la idea de fuerzas inter e intrapartícula.

⁹⁵ Vale la pena recordar, que teniendo en cuenta el criterio de secuenciación de nivel de complejidad de lo simple a lo complejo, aun no es pertinente introducir los tipos de movimiento que asumen las partículas en sólidos, líquidos y gases. Desde luego, esto se desarrollara con la gran idea de movimiento intrínseco de las partículas.

conservación de propiedades no observables. Vale la pena recordar, que la pregunta clave para introducir la estrategia de la simulación es la siguiente: *¿Cómo explicas el comportamiento de las partículas en cada estado de agregación de la materia?*

SESION PLENARIA

PARTE II

El profesor previo al uso de la herramienta de la simulación, solicitará a sus estudiantes que conformen pequeños grupos de discusión (máximo 5 estudiantes) para que reflexionen sobre el interrogante planteado, usando la técnica de formular preguntas con tiempo de espera. Después de ello, se les invitará a que expliciten sus conocimientos alternativos sobre el interrogante en cuestión y las respuestas construidas serán registradas en el diario de clase para posteriormente establecer una comparación entre el conocimiento previamente elaborado y el nuevo por aprender. De esta manera, el profesor podrá detectar las posibles dificultades e incomprensiones conceptuales que los estudiantes sostienen frente a la naturaleza y comportamiento de las partículas en cada estado de agregación para que éstos sean tratados y esclarecidos con el apoyo de la herramienta de la simulación. Finalmente, presentamos la dirección URL del sitio WEB que nos facilita la animación de los tres estados de la materia:

- **Animación del estado sólido:**
<http://www.educa.madrid.org/binary/429/files594/animac-1.htm>
- **Animación del estado líquido:**
<http://www.educa.madrid.org/binary/429/files594/animac-2.htm>
- **Animación del estado gaseoso:**
<http://www.educa.madrid.org/binary/429/files594/animac-3.htm>



Actividad No. *¿Cómo explicas...los tres estados de agregación de la materia?*

Tarea 1.

A partir del desarrollo de un juego de roles conformen grupos cooperativos de (8) estudiantes y elaboren representaciones de nivel submicroscópico del patrón de características físicas que han construido a lo largo de las actividades introducidas en el plano social del aula. La actividad estará centrada en los siguientes cuestionamientos:

- ¿Cómo se comportan las partículas en el estado sólido?
- ¿Cómo se comportan las partículas en el estado líquido?
- ¿Cómo se comportan las partículas en el estado gaseoso?

Tarea 2.

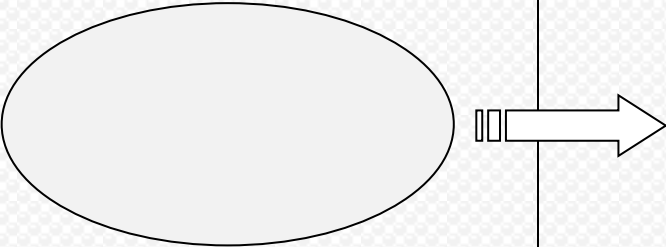
¿Existen diferencias entre las partículas de sólidos, líquidos y gases? Para ello, retoma los conceptos de compresibilidad, volumen, y demás, características observables que han sido elaboradas recientemente, y, a partir de las siguientes formulaciones construyan representaciones mentales de las mismas haciendo uso de la estrategia **POE** como se observa en la siguiente tabla:

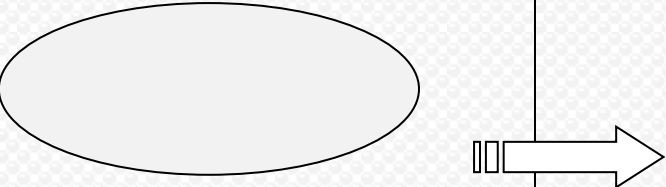
<i>¿Cómo podrías explicar a nivel submicroscópico que...</i>	ESTRATEGIA POE		
	PREDECIR	OBSERVAR	EXPLICAR
<i>... “el aire pueda ser comprimido en una jeringa”</i>			
<i>... “el agua dentro de un recipiente pueda derramarse”;</i>			

... "un cubo de hielo no se derrame"			
... "cuando un globo se rompe el aire dentro de él se escapa"			

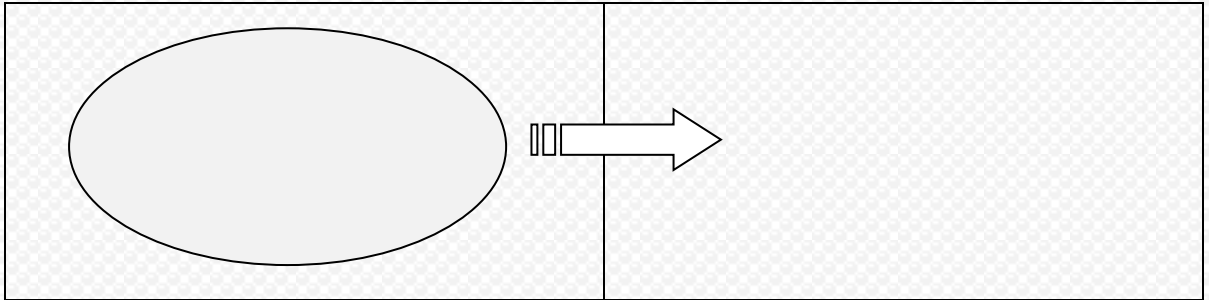
Tarea 3.

Ilustra cada modelo analógico representado por tu equipo cooperativo y regístralo en tu diario de química:

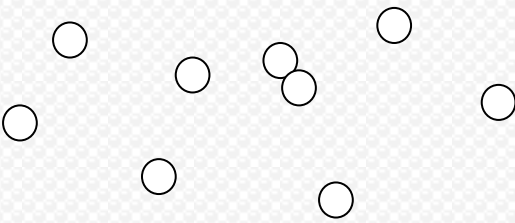
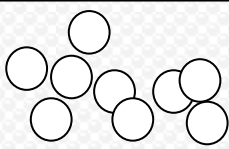
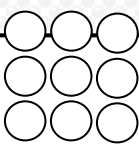
Elaborar el grafico o incluir una fotografía de la modelización a través del juego de roles	Definir características del modelo corpuscular para los estados de agregación de la materia
	Estado gaseoso

	Estado liquido
---	----------------

	Estado solido
--	---------------



Tarea 4. De manera personal, usa el modelo corpuscular para interpretar los tres estados físicos de la materia:

ESTADOS FISICOS DE LA MATERIA	MODELANDO LOS ESTADOS FISICOS DE LA MATERIA
ESTADO _____ 	
ESTADO _____ 	
ESTADO _____ 	

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2b: “Tres estados de una misma sustancia”

(Traspaso de responsabilidad de profesor a estudiante de los estados de agregación de la materia)

Objetivos de enseñanza

- Brindar oportunidades para fortalecer la comprensión conceptual de los estudiantes proveniente de una concepción de realismo ingenuo y de sentido común, basada aún en un modelo submicroscópico continuo y compacto de la estructura de la materia a cerca de las siguientes ideas previamente estudiadas:
 - Las ideas científicas de nivel macroscópico “estar hecho de” e “identidad material”.
 - La materia está formada por partículas, pequeñas entidades no materiales denominadas átomos;
 - La idea de vacío entre partícula y partícula.
 - El arreglo submicroscópico de las partículas determinan la apariencia o estado de agregación de las sustancias.
- Movilizar el pensamiento del estudiante hacia la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química, que le permitiría a éstos poder comprender que los estados de la materia presentan unas propiedades físicas que dependen de las propiedades no observables de la materia (fuerzas de interacción, distancias, movimiento y arreglo de las partículas a nivel submicroscópico).
- Apoyar el desarrollo de los esquemas conceptuales de la interacción sistémica y la conservación de propiedades no observables, a partir de las ideas macroscópicas de la conservación de la identidad material y de la cantidad de material para interpretar los estados de agregación de la materia.
- Apalancar la construcción de analogías con situaciones familiares para modelar los estados físicos del agua.

Resultados de aprendizaje

- Diferenciar e integrar la representación macroscópica, submicroscópica y simbólica al fenómeno de los estados de agregación del sistema agua.

- Usar la idea científica de la naturaleza corpuscular de la materia, con el fin de desarrollar el modelo corpuscular de la materia en términos de espacios vacíos, movimiento, fuerzas de interacción, arreglo y distancias entre las partículas en los estados sólido, líquido y gaseoso del sistema agua.
- Aplicar los esquemas conceptuales de interacción sistémica y conservación de propiedades no observables de las partículas para apoyar el desarrollo del modelo corpuscular de la materia, a través del cual, se explica que las sustancias pueden presentar diferentes estados de agregación de la materia.
- Modelar los estados sólido, líquido y gaseoso del agua, en términos, de las ideas científicas de la naturaleza corpuscular de la materia, vacío, movimiento intrínseco, interacción, arreglo y distancias intermoleculares entre las partículas.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano. ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases: - pequeños grupos de discusión. - Circulo abierto o Gran grupo. - Trabajo individual.	formular preguntas • Tipos de pregunta • La distribución de las preguntas. • Preguntas con tiempo de Espera.	• La evaluación formativa; • La discusión; • El POE (Observar, predecir y explicar); • El desarrollo de prácticas científicas tales como: el planteamiento de hipótesis, la justificación; el diseño de experimentos sencillos en el aula de clase o en casa; • Uso de ilustraciones.	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

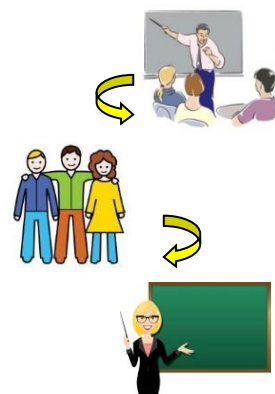
El profesor utilizará para el desarrollo de esta actividad:

- Hoja de trabajo No.
- Cubo de hielo, vaso con agua, mechero o estufa calentadora, beaker o recipiente metálico, vidrio de reloj y termómetro de 100° en escala Celsius.

Tipo de interacción discursiva

El profesor trabaja con sus estudiantes empleando una rutina de organización de la clase en grupos de (4) o (5) estudiantes. El profesor invita a sus estudiantes a que desarrollen explicaciones de nivel submicroscópico a las observaciones de los fenómenos cotidianos realizadas durante las prácticas experimentales para ello, él dirige la clase usando un enfoque **Dialógico-No interactivo (NID)**. Después, para explorar concepciones contraintuitivas y detecta posibles inconsistencias que limiten el uso de la interpretación submicroscópica de la materia se empleará un enfoque **Interactivo-De Autoridad (IA)** para volver consciente las ideas sobre discontinuidad, vacío, movimiento e interacción entre partículas a partir de los interrogantes planteados por el profesor. Finalmente, el profesor orientará la clase seleccionando un enfoque **Dialógico- interactivo (DI)** para socializar





**Dialogico-No
interactivo;
interactivo-De
autoridad;
Dialogico-
interactivo.**

Evaluación formativa

Para esta actividad de enseñanza y aprendizaje, la evaluación de tipo formativo tiene como fin el de proporcionar retroalimentación al proceso de la diferenciación e integración de los tres niveles de representación en el fenómeno de los estados de agregación del agua. Además, visualizar el grado en el que los estudiantes están tomando conciencia del rol activo que deben desempeñar en su trayectoria de aprendizaje tanto en el plano social como personal para acceder a la implementación de los esquemas conceptuales de interacción sistémica y conservación de las propiedades no observables como de los niveles de representación de la química cuando los estudiantes describen, explican y representan los estados sólido, líquido y gaseoso del agua. A lo largo de la actividad, el profesor empleará la técnica de formular interrogantes y seleccionará una rutina de organización de la clase en pequeños grupos de discusión. De hecho, el rol del profesor en esta actividad será el de explorar concepciones alternativas, detectar avances y dificultades al momento de plantear las predicciones y elaborar las interpretaciones a los interrogantes por parte de los estudiantes acerca del fenómeno de los estados de agregación de la materia. Así, se podrá determinar lo que los estudiantes saben y lo que han aprendido, sino, también la evolución de sus modelos interpretativos (modelos menos continuos y estáticos hacia unos modelos cada vez más discontinuos y dinámicos de la materia). Aquí, el profesor podrá apreciar dicha evolución

contrastando los modelos interpretativos de los estudiantes con los modelos contruidos por la comunidad científica, y de esta forma, tanto él como ellos, podrán ser conscientes de la capacidad explicativa que deben alcanzar sus modelos personales y los de sus compañeros, como también, cuáles serán las mejores estrategias a seguir para superarlas.

¿Qué ocurre en esta actividad?

El profesor usa la estrategia pedagógica del **POE** para monitorear el desarrollo de las preguntas claves que él ha formulado teniendo en cuenta los objetivos de enseñanza propuestos. Es importante destacar que esta actividad de aprendizaje es complementaria a la actividad subsiguiente, denominada: *Conociendo y modelando el dióxido de carbono*”, por lo tanto, guardan una relación estrecha. En consecuencia, el profesor se comprometerá a trabajar sobre su comprensión y evolución conceptual en términos del modelo corpuscular de la materia. Asimismo, en esta primera fase los estudiantes se verán involucrados en el desarrollo de prácticas científicas (demostración por parte del profesor) en la que apoyados en la evidencia empírica podrán predecir, observar y explicar el fenómeno de los estados de agregación del agua. De esta forma, asistidos por su profesor ellos podrán dar respuesta a dichos interrogantes a medida que el profesor desarrolla la demostración experimental. De hecho, los estudiantes deberán activar su pensamiento hacia las ideas científicas previamente internalizadas en su memoria cognitiva aplicando el modelo corpuscular hasta este momento desarrollado y, transfiriendo éste a la interpretación de cada uno de los estados de agregación del agua. Más adelante, el profesor le entrega a cada grupo cooperativo, un pliego de papel para que elaboren la siguiente tabla de formato discontinuo y consignen en ella sus resultados:

INTERROGANTES	ESTRATEGIA POE		
	PREDECIR	OBSERVAR	EXPLICAR
¿Qué tienen en común, un cubo de hielo, el agua líquida y el vapor de agua?			
¿Qué diferencia al hielo, el vapor de agua y al agua líquida, si todos corresponden a la misma sustancia?			
¿Por qué agua, hielo y vapor de agua presentan distintas propiedades físicas si su composición química es la misma?			

No hay que olvidar, que los estudiantes sostienen algunas concepciones alternativas que los lleva a considerar que los sólidos, líquidos y gases son tres tipos diferentes de materia, en lugar de creer que las sustancias pueden adoptar diferentes estados de agregación y más aún, que éstos conservan la identidad y cantidad de material (cantidad de masa). En este sentido, los estudiantes suelen describir los tres estados de la materia a nivel macroscópico presentando concepciones alternativas que presentan una naturaleza ontológica en la que los objetos son adscritos a la categoría de materia y, por tanto le atribuyen unas propiedades físicas materiales: los sólidos son duros y densos, los líquidos mojan y fluyen y, los gases son invisibles y ligeros. No obstante, si se pretende que ellos alcancen una comprensión conceptual e integrada del núcleo de la discontinuidad de la materia, se requiere de un cambio en las atribuciones ontológicas. Es decir, que ellos deben interpretar los fenómenos no como objetos materiales sino como hechos o sucesos de distinta naturaleza que ocurren en el tiempo es decir, como procesos de interacción entre uno o más sistemas. De hecho, esta dificultad hace difícil la comprensión del principio de conservación de la energía. Por tal razón, es necesario que los estudiantes diferencien e integren el lenguaje multinivel y desarrollen específicamente los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación de propiedades no observables de la materia y equilibrio⁹⁶, haciendo especial énfasis en el arreglo que adoptan las partículas situación que los llevará a plantear la naturaleza y el comportamiento de las mismas en cada estado. Por tanto, al considerar las diferencias y semejanzas entre los estados de agregación del agua, los estudiantes podrán establecer estrechas relaciones conceptuales entre las propiedades macroscópicas y las propiedades no observables de la materia.

Finalmente, la tarea (3) ha sido planteada para que los estudiantes hagan del modelo corpuscular de la materia un modelo más plausible, al versen desafiados a desarrollar analogías con sistemas materiales con los que ellos están muy familiarizados. En este sentido, se les invita a que ellos comparen la naturaleza y el comportamiento de las partículas para cada estado de agregación (hielo, agua líquida y vapor de agua) situación que los lleva a reflexionar sobre lo aprendido y, les permite potencializar sus interpretaciones del fenómeno en estudio. Adicionalmente, éstas son un recurso pedagógico útil para el profesor, ya que, facilita la explicitación de posibles concepciones alternativas o inconsistencias en el conocimiento aprendido, en tanto, que posibilitan la comunicación de nuevos conceptos permitiendo su visualización. Naturalmente, se espera que con la asistencia y el monitoreo

⁹⁶ Es decir, como un sistema dinámico, un ciclo sin principio ni fin, en el que la interacción sistémica produce cambios en otros elementos del sistema (Driver, Guesne y Tiberghien, 1985; Pozo et al., 1991).

continuo del profesor, los estudiantes por si solos logren establecer relaciones conceptuales que los lleve a elaborar planteamientos mucho más consistentes del fenómeno en estudio.

SESION PLENARIA

Cada grupo selecciona un compañero quien socializa y comparte con sus pares sus puntos de vista. El profesor, revisa los murales y avanza hacia el desarrollo de un modelo consenso que interprete cada una de las preguntas planteadas:

¿Qué tienen en común, un cubo de hielo, el agua líquida y el vapor de agua?

Al observar cada una de los sistemas materiales los estudiantes deben plantear que todos corresponden a la misma sustancia: el agua. Es decir, que a pesar de su apariencia física sólida, líquida o gaseosa, sigue siendo agua. Ahora bien, el profesor debe recalcar que ellos están haciendo uso del nivel de representación macroscópico y que ahora, deben movilizarse al nivel submicroscópico y simbólico. Entonces, él utiliza la técnica de tiempo de espera para que ellos reflexionen y si es necesario, los asiste brindándole algunas pistas o haciendo énfasis en el uso del modelo corpuscular de la materia. Cada estudiante seleccionado deberá afirmar que a nivel submicroscópico el hielo, el agua líquida y el vapor de agua están conformados por partículas y están representadas a través de pequeñas bolitas esféricas.

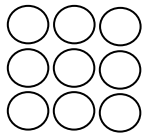
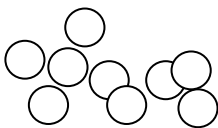
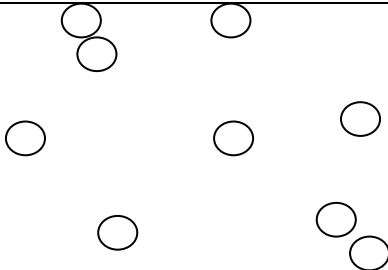
¿Qué diferencia al hielo, al agua líquida y el vapor de agua, si todos corresponden a la misma sustancia?

Esta pregunta esta direccionada para generar conflicto en los estudiantes ya que sus modelos estaban focalizados en los puntos en común y no en las diferencias entre el estado sólido, líquido y gaseoso del agua. Por tanto, ésta es clave para volver consciente a los estudiantes de que a nivel macroscópico la diferencia radica en las distintas formas aparentes que adopta el agua a causa del cambio en las propiedades físicas (forma, volumen, densidad, compresibilidad, fluidez). No obstante, se conserva la cantidad de masa de la sustancia. Ahora bien, a nivel submicroscópico, los estudiantes deben desarrollar el modelo corpuscular para interpretar que el hielo, agua líquida y vapor de agua son tres estados de una misma sustancia. En consecuencia, éstos son interpretados a través de las propiedades no observables de la materia y potencializados con el desarrollo de los esquemas conceptuales de interacción y conservación de propiedades no observables. Desde luego, que un modelo más explícito y potente de cada estado físico en que se presenta el agua, se desarrollará con la tarea de construcción de analogías por parte de los estudiantes.

¿Por qué agua, hielo y vapor de agua presentan distintas propiedades físicas si su composición química es la misma?

A medida que avanzan las preguntas, también se avanza en la consolidación de los modelos interpretativos de los estudiantes con relación a los modelos del lenguaje social científico. Esta última pregunta permite esclarecer que el agua siendo la misma sustancia, los cambios ocurren a nivel de las propiedades físicas. En efecto, cada estado debe ser interpretado a través del nivel de representación submicroscópico en el que el aumento o la disminución de las interacciones entre las partículas del agua generan fuerzas de interacción inter e intrapartícula, las cuales, ocasionan que estas se acerquen, colisionen o tan solo vibren conservándose el espacio vacío entre ellas. Asimismo, la energía que poseen individualmente, puede ser absorbida o transferida a otras partículas. Desde luego, que los espacios vacíos, las distancias inter e intra partícula también aumentan o disminuyen según estas interacciones. Sin embargo, lo que si se conserva es la identidad, el tamaño, la forma y la cantidad de las partículas del agua (propiedades no observables de la materia).

Finalmente, la sesión plenaria se cierra cuando el profesor examina las analogías construidas por sus estudiantes y detecta in-situ, los posibles incidentes críticos que se oponen a una interpretación particulada de la materia. De ahí, que el profesor deba intervenir apoyándolos en el desarrollo de estos modelos. Como se observa, a través de esta actividad se está apoyando el proceso de internalización de las ideas científicas y con ellas, se está avanzando hacia el desarrollo de un modelo corpuscular cada vez más sofisticado en su nivel explicativo de las propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases. Así pues, la tarea (3) puede ser orientada por el profesor de la siguiente manera:

ESTADO FISICO	REPRESENTACION ICONOGRÁFICA	ANALOGÍAS ⁹⁷
Cubo de hielo		Las partículas en el estado sólido son como pelotas de “ ping-pong ” que se encuentran apiladas en una disposición regular, a causa, de las interacciones entre partícula y partícula. Éstas, generan fuerzas de interacción que las mantiene fuertemente unidas y, ligeramente separadas por pequeños espacios vacíos. En consecuencia, los espacios entre partículas y las distancias existentes entre ellas, guardan un mismo patrón de proporcionalidad.
Agua líquida		Las partículas en el agua líquida son como una “ bolsa de canicas ”. En consecuencia, éstas se encuentran muy próximas entre sí, se tocan y se deslizan unas sobre las otras.
Vapor de agua		Las partículas en el vapor de agua son como “ pelotas de tenis ” que pueden ser lanzadas en todas las direcciones dentro de una habitación o un recinto cerrado. De hecho, estas pueden chocar entre sí y, con las paredes del recipiente.

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE 2b: “Tres estados de una misma sustancia”

Tareas problematizantes

Tarea 1.

Argumenta basado en evidencia empírica ¿Cuáles son los estados físicos o aparentes en que se presenta el sistema agua?

Tarea 2.

Observa y luego describe basado en la evidencia empírica, algunas de las propiedades físicas que caracterizan e identifican los sistemas materiales en estudio (hielo, agua y vapor de agua). Ahora bien, después de completar la tabla, analiza la información recogida e intenta

⁹⁷ Vale la pena aclarar, que al trabajar con representaciones analógicas, se pueden generar ciertos obstáculos de naturaleza epistemológica, ontológica y conceptual en los estudiantes. Por tanto, éstos deben ser esclarecidos y especificados por el profesor durante la fase de monitoreo en el plano social del aula.

dar respuesta al siguiente interrogante: ¿Por qué agua, hielo y vapor de agua presentan distintas propiedades físicas si su composición química es la misma?

Patrón de Propiedades físicas	Vapor de agua	Agua	Hielo
Forma geométrica o espacial			
Masa			
Volumen			
Estado físico o de agregación.			
Fluidez			

Tarea 3.

En grupos de (2) estudiantes trabajen sobre el conocimiento internalizado previamente para desarrollar analogías en las que se compare la naturaleza y el comportamiento de las partículas para sólidos, líquidos y gases. Se sugiere traer a la clase de química, (3) objetos materiales que representen analógicamente a las partículas que componen las sustancias en sus tres estados. Utilicen la siguiente tabla para organizar sus representaciones analógicas:

ESTADO FISICO	REPRESENTACION ICONOGRAFICA	ANALOGIA
Cubo de hielo		“Las partículas en el hielo son como...y se encuentran...”
Agua líquida		“Las partículas en el agua líquida son como... y se encuentran...”
Vapor de agua		“Las partículas en el vapor de agua son como... y se encuentran...”

Actividad de aprendizaje No. 3

Usando el modelo de partículas para interpretar los cambios de estado de la materia

(Puesta en escena y apoyo a la internalización de los cambios de estado de la materia)

Objetivos de enseñanza

- Asistir los estudiantes a lo largo de las actividades de aprendizaje que le brinden la posibilidad de construir modelos descriptivos y conceptualizaciones de propiedades físicas tales como: energía, calor, temperatura y presión, ya que, éstas se encuentran estrechamente asociadas, haciendo posible, los cambios de fase de la materia.
- Brindar oportunidades para fortalecer la comprensión conceptual de los estudiantes proveniente de una concepción de realismo ingenuo y de sentido común, basadas en un modelo submicroscópico aún continuo y compacto de la estructura de la materia, a cerca de las siguientes ideas previamente estudiadas:
-Los cambios de estado se caracterizan por la conservación de la identidad de los átomos y de la cantidad de masa (cambio físico).
- Brindar la posibilidad al estudiante de desarrollar los mecanismos explicativos que subyacen a los cambios de estado de la materia.
- Proporcionar con oportunidades a los estudiantes para que ellos desarrollen los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación y equilibrio térmico fundamentales para acceder a la interpretación de los cambios físicos de la materia.

Resultados de aprendizaje

- Modelar la sublimación como uno de los procesos de cambio físico de la materia, en términos, del modelo corpuscular de la materia.
- Diferenciar e integrar los tres niveles de representación de la química (macroscópico, submicroscópico y simbólico) a la interpretación del fenómeno de la sublimación del dióxido de carbono.
- Usar los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación y equilibrio térmico para explicar el fenómeno de la sublimación del dióxido de carbono.

- Explico los mecanismos a través de los cuales las partículas se comportan como lo hacen.

Gestión del aula (rutinas, técnicas, estrategias y modelo de enseñanza)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano. ✓ Transacción en el aula. ✓ Organizar el aula de clases: - pequeños grupos de discusión. - Circulo abierto o Gran grupo. - Trabajo individual.	formular preguntas: • Tipos de pregunta • La distribución de las preguntas. • Preguntas con tiempo de Espera.	• La evaluación formativa; • La discusión; • El POE (Observar, predecir y explicar); • El desarrollo de prácticas científicas tales como: el planteamiento de hipótesis, la justificación; el diseño de experimentos sencillos en el aula de clase o en casa; • Uso de ilustraciones.	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

Selección y uso de materiales curriculares, recursos y medios educativos:

Los estudiantes utilizarán:

- Hoja de trabajo: Actividad de aprendizaje No. 3
- El profesor alista los siguientes materiales de laboratorio:
 - termómetro con un rango entre (-76°C y 100°C).
 - Trozo de hielo seco o dióxido de carbono sólido.
 - Vidrio de reloj.
- Diario de química.

Tipo de interacción

El profesor utiliza una rutina de organización de la clase en grupos de (5) estudiantes. El invita y anima a través de la estrategia pedagógica del **POE** para que los estudiantes predigan, observen y finalmente, planteen explicaciones de nivel macroscópico y submicroscópico a la demostración del fenómeno del dióxido de carbono planteada por el profesor. Para ello, él dirige la clase empleando un enfoque **Interactivo Dialógico (ID)**. A continuación, el profesor introduce el organizador previo “los otros, la niebla que no moja” utilizando un enfoque **No interactivo-Dialógico** a través del cual los estudiantes comparten y discuten sus modelos interpretativos trabajando en forma cooperativa. El profesor se mueve por los grupos de estudiantes explorando concepciones alternativas y monitoreando el nivel de compromiso social, actitudinal y, el grado de comprensión conceptual de las ideas científicas aprendidas. Finalmente, los estudiantes desarrollan las tareas problema y el profesor a través de la sesión plenaria usa un enfoque **Interactivo- de Autoridad (IA)** para apoyar a los estudiantes a consolidar un modelo más plausible y sofisticado del proceso de cambio físico del dióxido de carbono. Adicionalmente, para volver consciente los mecanismos explicativos que subyacen al cambio de fase de la sustancia en estudio.



- Interactivo-Dialógico (**ID**);
- No Interactivo-Dialógico (**NID**);
- Interactivo de autoridad (**IA**).
- No interactivo-de autoridad.

Evaluación formativa

Para esta actividad de enseñanza y aprendizaje la evaluación de tipo formativo pretende:

- Atender y valorar las concepciones alternativas sostenidas por los estudiantes sobre el proceso de cambio físico, trabajando sobre su evolución hacia el lenguaje social científico.
- Detectar incidentes críticos durante la interacción estudiante-estudiante y estudiante-profesor con el fin de generar in situ interrogantes que les permita a los estudiantes movilizarse hacia los mecanismos explicativos que subyacen al cambio de fase del dióxido de carbono.
- Brindar retroalimentación al proceso de la diferenciación e integración de los tres niveles de representación en el fenómeno de la sublimación del dióxido de carbono.
- Evidenciar el grado de implementación de los niveles de representación de la química cuando los estudiantes describen, explican y representan el fenómeno de la sublimación del dióxido de carbono.

- Apoyar a los estudiantes en la utilización de los esquemas conceptuales de interacción sistémica, conservación y equilibrio térmico necesarios para explicar consistentemente el fenómeno de la sublimación del dióxido de carbono, a través, del diseño de actividades de tipo experimental.
 - Posibilitar la verbalización y la producción escrita de los diferentes puntos de vista cotidiano y científico, contrastarlos y pactar una nueva forma de dar sentido y significado al fenómeno de la sublimación del dióxido de carbono.
 - Dar paso a la interacción dialógica como una herramienta epistémica para explicitar, contrastar y comunicar las concepciones alternativas, los conocimientos prerrequisitos y el lenguaje científico en el plano social del aula de química.

¿Qué sucede en esta actividad?

Demostración por parte del profesor: “*Conociendo y modelando el dióxido de carbono*”

El profesor le solicita a los grupos cooperativos que de manera organizada pasen a la mesa en donde se ha dispuesto el hielo seco o dióxido de carbono. Inicialmente, los invita a observar detalladamente dicho fenómeno del mundo macroscópico. Es quizás, muy familiar para todos los estudiantes escuchar al profesor hablando de los cambios de estado de la materia. En particular, de los cambios físicos de agua puesto que este fenómeno es el más simple de demostrar en el aula de clases o en el laboratorio de química, pero sobre todo, porque los percibimos a cada nada en nuestros hogares o en la naturaleza misma. Quizás por ello, puede pasar un poco desapercibido por los estudiantes. Por tal motivo, teniendo en cuenta que ellos se sorprenden mucho más con fenómenos más asombrosos, el profesor ha decidido motivarlos hacia la necesidad de aprender, realizando una demostración del proceso de cambio físico del dióxido de carbono o más comúnmente conocido como el hielo seco. Solo se necesita de un termómetro, el cual, nos permitirá medir la temperatura a la que el sistema cambia de fase (sólido a gas). Durante el desarrollo de esta práctica científica el profesor hace uso de la estrategia **POE**, a través de la cual, va formulando los siguientes interrogantes que luego serán socializados en la sesión plenaria:

- ¿Qué está ocurriendo en este fenómeno macroscópico?
- ¿Si el hielo seco o dióxido de carbono se encuentra en estado sólido por qué se observa que de él sale continuamente una especie de humo blanco? ¿Este humo blanco que sistema material es? Se les pide que justifiquen su respuesta.

- ¿Para dónde va el hielo seco? ¿De qué está hecho?
- ¿A dónde se dirigen las partículas de hielo seco? y ¿las partículas del hielo seco se desaparecen?
- ¿Qué propiedades físicas identificarían ustedes como esenciales para la descripción del fenómeno del dióxido de carbono?
- ¿Cómo definirían ustedes, los conceptos de: presión, temperatura, energía y calor?
- ¿Cuál es la temperatura del dióxido de carbono sólido y, cuál en la que el dióxido de carbono se sublima? ¿Qué propiedades físicas inciden para que se dé el cambio de fase de sólido a gaseoso?
- ¿Por qué la temperatura del dióxido de carbono sólido no sobrepasa los 0°C ? ¿Por qué la temperatura del dióxido de carbono gaseoso no sobrepasa la temperatura ambiente?

Por consiguiente, tal como se había planteado en los objetivos de enseñanza la intención central de esta actividad es asistir a los estudiantes para que ellos modelicen los cambios físicos de la materia, en términos, de la conceptualización, descripción de las propiedades que están asociadas (temperatura, presión y energía) e interpretación de los mecanismos explicativos que subyacen a dichos procesos. Ahora bien, la secuencia de actividades busca en primer lugar, que los estudiantes desarrollen prácticas científicas y a partir de ellas, se motiven a explicitar sus modelos explicativos. En segundo, brindar nueva información acerca del proceso de cambio físico del dióxido de carbono y comprometerlo con tareas problematizante que permitan apoyar a los estudiantes en el proceso de internalización del tópico; y, en tercero, usar e integrar las grandes ideas acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia para desarrollar un modelo más potente que permita explicar los cambios de fase del dióxido de carbono.

Sesión plenaria

Para ser más eficiente con el tiempo de clase, el profesor decide distribuir las preguntas teniendo en cuenta la trayectoria conceptual individual que han venido alcanzando los estudiantes. En efecto, él a través de la exploración, monitoreo y retroalimentación que ha dado al proceso de aprendizaje de los estudiantes se ha podido dar cuenta del nivel de desempeño (dificultades, obstáculos, concepciones, avances) con el que cuentan sus estudiantes acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. De hecho, dentro de las muchas dificultades y concepciones con las que se enfrentan los estudiantes en este tópico está el problema de *desarrollar la idea de que cuando un sistema material cambia de forma o estado físico, también cambian algunas de sus propiedades físicas (ej, la presión, temperatura, volumen, la densidad, entre otras)*. Asimismo, los estudiantes asumen los cambios de estado como propiedades estáticas de los cuerpos y no como procesos de

interacción entre diversas variables como la temperatura, la densidad y la presión, mientras, que a nivel submicroscópico, éstos son explicados a razón de la energía cinética media y las interacciones entre partícula y partícula. Estas últimas son las que generan las fuerzas inter e intramoleculares y; determinan el arreglo o la distribución entre ellas.

Para superar esta situación, el profesor toma la decisión curricular y de enseñanza de que cada grupo socialice sus respuestas ante el colectivo áulico, en tanto, que el rol del profesor consistirá en mediar el discurso a través de un enfoque dialógico-interactivo. Más adelante, el reúne las principales características de los modelos desarrollados por los grupos solicitándole a un estudiante que registre en el tablero las respuestas, mientras él modera el discurso. Así, se va gradualmente construyendo un modelo consensado que interprete el cambio de fase del dióxido de carbono. Cabe destacar, que durante la enseñanza de la idea de naturaleza corpuscular, aún es muy anticipado introducir explicaciones más profundas acerca del rompimiento y fortalecimiento de enlaces, puntos de fusión y evaporación, tipos de movimiento intrínseco, energía cinética promedio. De hecho, el profesor debe explicitar a los estudiantes que estas ideas serán enseñadas cuando se introduzcan las grandes ideas científicas ***“Las interacciones entre las partículas determinan los estados de agregación de la materia y sus propiedades físicas y el movimiento intrínseco, enlace químico”***.

Así pues, el modelo interpretativo generado por todo el grupo avanza con el desarrollo de los esquemas conceptuales (interacción sistémica, equilibrio térmico) y la integración del lenguaje multinivel, adquiriendo hasta este punto, el siguiente nivel explicativo: *“cuando el dióxido de carbono se encuentra a temperatura ambiente y presión atmosférica normal, las partículas comienzan a vibrar mucho más, hasta que la interacción entre ellas hace que se generen fuerzas de atracción y repulsión ocasionando que el dióxido se evapore, convirtiéndose en dióxido de carbono sublimado. A medida que las partículas de los sistemas aire y dióxido de carbono interactúan se intercambia energía. Es decir, que el sistema de mayor energía es el aire y el menor es el dióxido de carbono. El intercambio o transferencia de energía ocurre hasta alcanzar el equilibrio térmico. Durante este proceso de cambio físico la temperatura permanece constante. De hecho, esta es la única manifestación que puede ser visibilizada a través de nuestro sistema sensorial.*

Es importante, que a través del desarrollo de las demás ideas científicas que configuran el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia, se les proporcione a los estudiantes la oportunidad de transferir sus conocimientos a nuevos contextos. Por ejemplo, involucrarlos con la preparación de palomitas de maíz sería otra muy buena experiencia para que los estudiantes logren vincular sus representaciones abstractas (naturaleza corpuscular, vacío,

energía, calor, movimiento intrínseco y fuerzas de interacción), con los fenómenos y experiencias que han observado a través de su sistema sensorial.

Actividad de aprendizaje No.
¿Qué ocurre cuando la materia cambia de forma?

Organizador previo

Los otros: la niebla que no moja

¿Alguna vez se han preguntado por qué la niebla en el cine no moja? Yo confieso que no, hasta que vi, un corto de la película, *Terror en la niebla*, de Jhon Carpenter, y me vino a la mente la escena de **Los otros** en la que el marido de Nicole Kidman llega de la guerra envuelto en la niebla y totalmente seco. Todos sabemos que si estamos caminando un buen rato por entre la niebla la ropa se empapa igual que bajo una lluvia fina.



La niebla de cine no moja porque no es vapor de agua que se condensa como la niebla real; el agua daría muchos problemas de óxido y cortocircuitos en los equipos eléctricos necesarios para rodar, por lo que en su lugar se recurre al **hielo seco** como niebla artificial.

El hielo seco no es hielo ni agua, sino, **dióxido de carbono** (también conocido como anhídrido carbónico), el gas que exhalamos al respirar. Conservado a unas condiciones determinadas de presión y temperatura el dióxido de carbono se vuelve sólido, ahora bien, al sacarlo de su depósito y exponerlo a la temperatura y presión atmosférica ambiente, sufre el proceso de cambio físico, conocido como **sublimación**, pasando directamente de sólido a gas sin atravesar la fase líquida intermedia.

El hielo seco se emplea mucho en cine, teatro, conciertos, todo tipo de espectáculos, y también en las discotecas. Tiene la ventaja de que no moja ni deja manchas de humedad, y sólo podría resultar peligroso si nos rodearan de una cantidad excesiva de él en un sitio cerrado y sin ventilación, en cuyo caso podríamos ahogarnos. El hielo seco es el nombre común de un compuesto formado por una partícula de carbono y dos partículas de oxígeno, denominado bióxido de carbono o nieve carbónica por su aspecto de nieve blanca cuando se encuentra en estado sólido. Este compuesto, se forma como producto de la respiración de todos los seres vivos, desde las bacterias hasta el ser humano. En concentraciones más altas

del 15% causan insuficiencia circulatoria pudiendo conducir al coma y por supuesto a la muerte

El dióxido de carbono se puede transformar en sus tres estados de agregación: sólido a temperatura de (-78°C); líquido bajo altas presiones; y, como gas, en todo lugar donde hayan seres vivos respirando (al interior de los glóbulos rojos de la sangre), y también, como producto de desecho de las industrias. A temperatura y presión normales, el dióxido de carbono es un gas incoloro, no inflamable, pero cuando este gas se enfría se convierte en sólido, sin pasar por el estado líquido.

El dióxido de carbono es un importante gas de invernadero, que ayuda a atrapar el calor en nuestra atmósfera; sin él, nuestro planeta sería inhospitalariamente frío. Sin embargo, un aumento gradual de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera está conduciendo a un calentamiento global, que amenaza con producir estragos en el clima a medida que las temperaturas mundiales promedio siguen aumentando gradualmente.

Tareas problematizantes

Tarea 1.

Formula una hipótesis de la causa por la que el dióxido de carbono no pasa por el estado líquido en condiciones normales de temperatura y presión. ¿Explica cómo inciden estas variables en dicho fenómeno.

Tarea 2.

Diferencia e integra los tres niveles de representación de la química para explicar el fenómeno de cambio físico de sólido a gaseoso (sublimación) del dióxido de carbono:

Fenómeno del dióxido de carbono	Nivel de representación macroscópico (Descriptivo)	Nivel de representación submicroscópico	Nivel de representación simbólico
	Describe el fenómeno del hielo seco: ¿Por qué le llaman hielo seco al dióxido de carbono? ¿Qué sensación percibes cuando tomas con tus manos un trozo de hielo	Utiliza el modelo de partículas que hasta ahora has consolidado en el plano social del aula de química, para explicar cada uno de los interrogantes de nivel macroscópico a cerca del fenómeno del hielo seco.	-Escribe la fórmula del hielo seco o dióxido de carbono. -Representa iconográficamente modelos submicroscópicos (unidimensionales) del fenómeno de la sublimación del dióxido de carbono.

	seco? ▪ ¿A qué se debe dicho fenómeno térmico? ▪ Plantea una explicación acerca de dicha sensación térmica?		
--	---	--	--

Tarea 3.

Escriban una historia o narrativa para explicar a nivel submicroscópico, ¿Qué le sucede a la materia cuando se derrite y se congela? o ¿cómo es posible que las sustancias puedan transformarse del estado sólido a líquido o de líquido al vapor y al revés (también puede servirse de dibujos).

Tarea 4.

Completa la siguiente tabla teniendo en cuenta las propiedades de las partículas del dióxido de carbono, en su paso de estado sólido a gaseoso (proceso de sublimación):

Propiedades no observables del dióxido de carbono	Explicación particulada del cambio aparente de estado (sólido a gas)
Color de partículas	
Tamaño y cantidad de partículas	
Espacios y distancias intermoleculares	
Forma de las partículas	
Fuerzas intermoleculares	
Interacción entre partículas	
Conservación de la identidad, cantidad de material y peso	

Tarea 5.

Elaboración de un texto que explique las causas del por qué el dióxido de carbono no pasa por el estado líquido. Para ello, deberán utilizar las siguientes nociones, ideas científicas y esquemas conceptuales: Partícula, fuerzas intermoleculares, estados físicos, temperatura, identidad material, interacción entre partículas, conservación de propiedades no observables, distancias intermoleculares, movimiento intrínseco, espacios vacíos, entre otras. Recordar que el texto de tener párrafo de introducción, párrafos de desarrollo y de conclusión.

Tarea 6.

Registra en tu diario de química, las respuestas a los interrogantes formulados por el profesor a partir de la siguiente tabla:

Proceso de cambio físico del dióxido de carbono	ESTRATEGIA POE			
	Predecir	Observar	Explicación de nivel macroscópico	Explicación particulada
¿Qué está ocurriendo en este fenómeno macroscópico?				
¿Si el dióxido de carbono se encuentra en estado sólido ¿por qué se observa que de él, sale continuamente una especie de humo blanco? ¿Este humo blanco que sistema material es?				
¿Para dónde va el hielo seco? y, ¿De qué está hecho?				
¿A dónde se dirigen las partículas de hielo seco? y ¿las partículas del hielo seco se desaparecen?				
¿Cuál es la temperatura del dióxido de carbono sólido y, cuál en la que el dióxido de carbono se sublima? ¿Qué propiedades físicas inciden para que se dé el cambio de fase de solido a gaseoso?				
¿Por qué la temperatura del dióxido de carbono sólido no sobrepasa los (-76°C)? ¿Por qué la temperatura del dióxido de carbono gaseoso no sobrepasa la temperatura ambiente (entre los 14 y 32°C)?				

Anexo No. 2

Tabla No. 1. Adaptación del Modelo de enfoque comunicativo para la planificación del discurso y la interacción social en el aula. En él se muestran los cuatro clases de enfoque comunicativo y su caracterización (basado en Mortimer and Scott, 2003).

DIMENSION 1		DIMENSION 2	
1.1. DISCURSO DIALOGICO (comunicación que considera tanto el lenguaje social científico como el lenguaje social cotidiano)		2.1 DISCURSO INTERACTIVO (Dialogo que involucra tanto al profesor como a los estudiantes)	2.2 DISCURSO NO INTERACTIVO (Dialogo que involucra sólo al profesor)
		Discurso Dialógico- interactivo (ID) plano social e individual FASE 1 (aproxim. De 50m)	Dialógico –No Interactivo (NID) Plano social FASE 2 (aproxim. 30m)
		En este tipo de interacción, el profesor escenifica o introduce la historia científica para que los estudiantes la conozcan, reflexionen alrededor de ella y la compartan en el plano social del aula. Durante esta fase del proceso, los estudiantes deben recuperar de su memoria semántica las ideas y conceptos que han aprendido a lo largo de sus experiencias con el mundo físico o de su conocimiento aprendido en la escolaridad previa. Así, profesor y alumnos discuten sobre los dos lenguajes sociales: el cotidiano y el científico. Si el nivel de interanimación es alto, los estudiantes tratan de resolver las preguntas que plantea el profesor y al mismo tiempo generan preguntas genuinas explorando y trabajando sobre los diferentes puntos de vista que circunden en el aula. Si el nivel de interanimación es bajo, las distintas ideas científicas son simplemente introducidas en el plano social del aula dejando a un lado la interacción dialógica y el uso de las prácticas científicas (planteamiento de preguntas, la argumentación, la contra- argumentación, entre otras).	El profesor revisa y analiza in situ, las ideas cotidianas de los estudiantes y las contrasta con las científicas, bien sea, escuchando (baja interanimación) o explorando similitudes y diferencias entre ellas (alta interanimación). Es decir, que en esta fase, el profesor después de explorar las ideas de los estudiantes debe establecer una comparación entre los dos lenguajes sociales (cotidiano y científico) con el propósito de detectar las diferencias que han generado el conjunto de dificultades y obstáculos y de esta forma, poder tomar decisiones curriculares e instruccionales que traten de contribuir al proceso de internalización y transferencia de responsabilidad de profesor a estudiante del lenguaje social científico. De ahí, que el maestro debe hacer énfasis en las ideas de los estudiantes registrándolas en el tablero y posteriormente, en su diario de campo o en video.
1.2 DISCURSO DE AUTORIDAD (Comunicación que considera sólo el lenguaje social científico)		Interactivo-de Autoridad (IA) (plano social e individual) Fase 3 (aproxim. 15 a 30m)	No interactivo- de Autoridad (NIA) (Plano individual) Fase 4 (aproxim. 1h)
		El profesor se concentra sobre la historia científica y se relaciona con los estudiantes dirigiéndolos para que participen en la conversación. El foco central de esta fase, es brindarles la posibilidad a los estudiantes para que reconstruyan sus ideas o saberes cotidianos hacia el punto de vista científico. Es clave, que él explicita dichas dificultades y obstáculos de	El profesor como sujeto de “autoridad” finalmente, presenta el punto de vista científico. Naturalmente, él toma el liderazgo para examinar que los planteamientos y conclusiones formuladas por ellos puedan ser reinterpretadas. Para ello, el debe brindarles la oportunidad para que ellos

	naturaleza epistemológica, ontológica y conceptual con las que los estudiantes llegan al aula de ciencias para que se concienticen que para poder aprender dicho lenguaje ellos deben reconstruir sus conocimientos”.	acepten, compartan e internalicen las ideas y conceptos científicos, de tal manera, que logren almacenarlo en su estructura cognitiva a largo plazo. En esta fase, los estudiantes deben movilizarse al plano individual. Así pues, estaríamos dando transferencia de responsabilidad de profesor a estudiante.
--	--	--

Anexo No.3

Tabla 2. Descripción general de la gestión del aula de ciencias basada en Abell et al., (2010)

RUTINAS	TECNICAS	ESTRATEGIAS	MODELO DE ENSEÑANZA
✓ Levantar la mano ✓ Transacción en el aula y/o enfoque interactivo ✓ Organizar el aula de clases: • círculo abierto o gran grupo. • pequeños grupos • trabajo individual ✓ Distribuir los materiales curriculares	Formular preguntas • El tipo de pregunta • La distribución de las preguntas • Preguntas con Tiempo de Espera Explicar una idea haciendo uso de analogías, metáforas y, representaciones visuales. Dar instrucciones Éstas, generalmente están asociadas con normas de seguridad, habilidades o destrezas del trabajo de laboratorio; además, orientaciones para el diseño de un modelo analógico o procedimiento para búsqueda de información en línea o en libros de indagación. El uso de esta técnica tiene sentido cuando se requiere introducir el lenguaje social científico en el plano social de la clase a partir de una actividad práctica o una demostración del profesor. Producción escrita y oral del diario de clases. Usar el diario de clases como un instrumento epistémico que contribuye al andamiaje de los conceptos y/o ideas claves, el desarrollo de competencias comunicativas y lingüísticas. La investigación escolar	• La evaluación formativa. • La discusión. • El POE (predecir, observar y explicar fenómenos o situaciones del mundo físico) a través de las siguientes fases: 1. Concentrar 2. Predecir 3. Observar 4. Explicar • La enseñanza directa. • Abrir un problema. • Generar un conflicto: La implausabilidad del modelo. • Ampliar los modelos introduciendo nuevas características o nociones (i.e., ampliar el modelo corpuscular para introducir el enlace químico en un nivel de interpretación cualitativo. • Desarrollar prácticas científicas: • Introducir, usar y aplicar modelos explicativos. • Planteamiento de hipótesis; • Planteamiento de argumentos y/o justificación;	El ciclo de aprendizaje a través del modelo de demanda de aprendizaje (Leach & Scott, 2002)

PROTOCOLO DE ENTREVISTA No.1

Docente: XXXXX

Código Docente:

Buenas días profesora XXX mi nombre es Eliana Patricia Agudelo soy estudiante de la universidad del valle, estoy haciendo mis estudios de maestría en la enseñanza de las ciencias y mi investigación tiene que ver con el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. Entonces le solicito a usted sus valiosos aportes a este estudio y quiero aprovechar para darle las gracias anticipada mente a resolver estas preguntas que tienen que ver con este estudio que como le decía es el diseño de una secuencia de enseñanza aprendizaje va a ser una entrevista de tipo guiada la cual va a ser abierta tipo charla y pues tiene que ver con aspectos socioculturales aspectos de su desarrollo profesional y a cerca de la enseñanza y el aprendizaje de la química entonces pues empezaría con la primera pregunta que tiene que ver con la formación y experiencia profesional .

Investigador: ¿Cuál es tu formación académica? ¿Eres especialista en la enseñanza de la química?

Investigador: ¿Hay alguna característica de la experiencia profesional de los profesores que deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la enseñanza?

Investigador: ¿Qué expectativas tiene usted de la enseñanza de la química? Es decir, ¿Qué intereses o motivaciones tiene usted cuando planea la enseñanza de la química?

Investigador: ¿Cuáles de ellas deben ser tenidas en cuenta en el diseño de la enseñanza?

Investigador: ¿Qué elementos del conocimiento profesional del profesor cree usted deben ser tenidos en cuenta para el diseño de la planificación de las clases de química?

Investigador: ¿Qué perspectiva teórica sobre el aprendizaje asume usted para la enseñanza y aprendizaje de la química en el aula?

Investigador: ¿Ósea que te parece importante la disciplina, obviamente dentro de esa planificación de la enseñanza la disciplina como tal... la química jugaría un papel clave allí?

Investigador: ¿Consideras que los marcos teóricos y metodológicos del campo de la educación en ciencias juegan un papel clave en el diseño de la planificación de la enseñanza?

Investigador: ¿Cuáles crees que son las dificultades que presentan los estudiantes de grado noveno cuando se enfrentan al aprendizaje de los tópicos del currículo de la química?

Investigador: *¿Según entonces esos avances que desde el manejo o el uso de las tic te parecerían que podrían ser una estrategia pedagógica oportuna en estos momentos para la enseñanza de la química?*

Investigador: ¿Qué contenidos del currículo de la química usted les enseñaría a los estudiantes de grado noveno?

Investigador: ¿Qué concepciones alternativas sostienen los estudiantes cuando se enfrentan al aprendizaje de los tópicos del currículo de la química?

Investigador: ¿Qué principios o esquemas estructuran el conocimiento científico?

Investigador: ¿Cómo organizas o gestionas el aula de ciencias?

Investigador: ¿Cuándo enseñas ciencias habitualmente desarrollas prácticas experimentales? ¿Qué tipo de prácticas desarrollas en el aula con los estudiantes?

Investigador: *¿Pero crees que para la enseñanza de la química sería muy importante?*

Investigador: ¿Consideras que cuando se habla de prácticas experimentales en el planteamiento de hipótesis, el diseño de experimentos y los modelos, éstos se conciben como practicas experimentales o solo concibes la práctica de laboratorio?

Restricciones institucionales

Investigador: ¿Consideras que la intensidad de (1) hora semanal es favorable para la enseñanza de los tópicos del currículo de la química?

Investigador: ¿La institución cuenta con los instrumentos y equipos necesarios para el desarrollo de las prácticas experimentales en el aula de ciencias?

Cuestionario de indagación de concepciones alternativas acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia

UNIVERSIDAD DEL VALLE
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
CUESTIONARIO DE ESTUDIANTES

Institución Educativa: Pública _____ Privada _____

Grado: _____

Sexo: Femenino _____ Masculino: _____

Edad: _____

Esta encuesta ha sido diseñada para identificar las características de los estudiantes en relación a los aspectos socioculturales, expectativas e intereses sobre la enseñanza y el aprendizaje de la química, y las concepciones sobre el tópico de la discontinuidad de la materia. Tenga en cuenta que no se pretende juzgar o evaluar su desempeño escolar, sólo tiene fines académicos e investigativos.

Aspectos socioculturales

1. ¿En qué comuna vives? _____.
2. ¿Qué nivel de escolaridad tienen tus padres? _____
3. ¿Tu proyecto de vida está encaminado o direccionado para adelantar los estudios universitarios? Si _____ Si respondes negativamente, justifica el ¿Por qué?

Respecto a la enseñanza de la química

4. Selecciona cinco (5) de las siguientes opciones con las cuales tus profesores enseñan química:

☐ Con medios lúdicos (dinámicas, dramatizados sobre el tema, trabajos manuales con plastilina, gráficos y dibujos).

☐ Con buen trato (amor, paciencia, dedicación, tranquilidad, hablando con ellos y los compañeros).

☐ Con herramientas heurísticas (mentefactos, redes conceptuales, mapas conceptuales, modelos y símbolos).

☐ Uso educativo de la evaluación (talleres, cuestionarios, preguntas y respuestas, valorando la participación).

☐ De forma profesional, creativa e innovadora.

Por medio de situaciones problematizadoras de fenómenos cotidianos.

☐ Enseñanza con valores

☐ Trabajo grupal e individual

☐ Teniendo en cuenta las concepciones alternativas o ideas previas.

Con clases didácticas.

☐ Enseñanza por inducción, deducción o hipotético-deductiva.

☐ De manera participativa, argumentativa, propositiva, interpretativa.

☐ Mediante la socialización de conocimientos (coloquios, conversatorios, foros, mesas redondas, exposiciones, carteleras).

- ☐ Por medios prácticos (experimentos en el laboratorio, salidas de campo).
En forma práctica y teórica (mostrando lo que explican, ejemplos, explicando para qué sirven las cosas).
- ☐ De forma teórica (lecciones, dictados, explicaciones, reflexiones, escribiendo,

algoritmos, conceptos, preguntas, aprendiendo nombres técnicos, prestando atención, uso del diccionario, con libros, lecturas, recogiendo lo que enseñan en el tablero, profundizando conocimientos).

☐ Otras ¿Cuáles?

5. ¿Qué contenidos científicos te han enseñado en las clases de química en años anteriores?

- ☐ La tabla periódica.
- ☐ Formulas químicas
- ☐ Los fluidos
- ☐ Los elementos químicos
- ☐ Los nuevos elementos químicos
- ☐ Manejo de instrumentos de laboratorio
- ☐ Las reacciones químicas.
- ☐ Preparar productos químicos de uso diario

- ☐ Como se crea el fuego
- ☐ Energía nuclear
- ☐ Química orgánica
- ☐ Estructura atómica
- ☐ Soluciones químicas
- ☐ Enlaces químicos
- ☐ Compuestos químicos
- ☐ Modelo de partículas
- ☐ Otros ¿Cuáles?

Respecto al aprendizaje de la química

6. ¿Para qué quieres que te enseñen química? Selecciona aquellas opciones que consideres importantes.

- ☐ Para conocer los diferentes elementos que existen en nuestro planeta y aprender a utilizarlos.
- ☐ Para saber y reconocer compuestos venenosos, tóxicos y peligrosos para el hombre.
- ☐ Para aplicar los conocimientos en algo que puede tener una productividad a futuro.
- ☐ Para conocer la composición del medio en que vivimos.
- ☐ **Para** experimentar
- ☐ **Para** tener un mejor calidad de vida.
- ☐ Para saber la composición de la materia

- ☐ Para realizar inventos
- ☐ Para conocer los procesos que se dan en los cambios atómicos y moleculares de la materia.
- ☐ Para interpretar los fenómenos o procesos químicos del mundo.
- ☐ Para saber las diferentes reacciones con varios elementos.
- ☐ Para resolver ejercicios
- ☐ Para saber sobre los compuestos.
- ☐ Para ampliar mis conceptos y aprendizaje.
- ☐ Para aprender a despejar ecuaciones.

7. Selecciona cinco formas con las cuales te **gustaría** que te enseñaran química?

- ☐ Con laboratorios interesantes.
- ☐ Con buenas explicaciones.
- ☐ Con teoría y práctica.
- ☐ Con clases más divertidas.
- ☐ Viendo reacciones.
- ☐ Con clases activas.

- ☐ Con mayor práctica y exigencia en el laboratorio de química y/o en los ejercicios.
- ☐ De manera más comprensibles (con métodos más prácticos y útiles en nuestro quehacer).

- ☐ El Paso a paso de un experimento que hagamos.
- ☐ Con talleres.
- ☐ Manipulando compuestos químicos.
- ☐ Con evaluación.
- ☐ Realizando consultas.
- ☐ Con gráficas.

- ☐ Elaborar productos con apoyo de profesores de clase.
- ☐ Con actividades con mayor facilidad de intercambiar conocimientos.
- ☐ Con actividades dinámicas.
- ☐ Con cosas u objetos que faciliten el aprendizaje.
- ☐ A través de programas dinámicos.

8. ¿Cuáles crees que son tus dificultades y limitaciones para el aprendizaje de los tópicos de la química?

- ☐ Describir a nivel macroscópico los fenómenos cotidianos (cambios y transformaciones de la materia).
- ☐ Explicar los fenómenos usando el nivel submicroscópico (modelos científicos) de la materia.
- ☐ Representar simbólicamente los fenómenos macroscópicos y submicroscópicos.
- ☐ Aprender los diferentes conceptos de la química.

- ☐ Explicar las propiedades físicas de la materia (masa, peso, volumen, densidad, entre otros).
- ☐ Desarrollar las experiencias prácticas en el aula o en el laboratorio de química.
- ☐ Desarrollar los tres esquemas conceptuales de la química (interacción sistémica, conservación y equilibrio térmico).

9. Selecciona aquellos conocimientos que te gustaría conocer acerca de la química:

- ☐ Formulas químicas
- ☐ Reactivos químicos
- ☐ El modelo de partículas
- ☐ La tabla periódica
- ☐ Los fluidos
- ☐ Los elementos químicos
- ☐ Manejo de instrumentos de laboratorio
- ☐ Construcción de modelos de tipo descriptivo, explicativo y predictivo
- ☐ La discontinuidad de la materia.

- ☐ para explicar los fenómenos macroscópicos.
- ☐ Uso de imágenes y representaciones visuales o iconográficas
- ☐ Estructura del átomo
- ☐ Soluciones químicas
- ☐ Enlace químico
- ☐ Procesos químicos
- ☐ Fórmulas para preparar productos
- ☐ El lenguaje de la química.

10. Como te gusta trabajar en el aula de química:

- ☐ Expresando sus puntos de vista en trabajo cooperativo.
- ☐ Expresando sus puntos de vista en plenaria con todo el grupo.
- ☐ Expresando sus puntos de vista en forma individual.
- ☐ Expresando sus puntos de vista a través de exposiciones individuales.
- ☐ Expresando sus puntos de vista a través exposiciones grupales.

11. Califica de 1 a 4 según el orden de importancia que han tenido cada uno de estos aspectos en tu aprendizaje de la química, siendo:

4: Muy importante, 3: Importante 2: Poco importante 1: Sin importancia

Calificación	Aspectos	¿Por qué?
	Los conceptos, teorías, definiciones y hechos científicos.	
	Conocer las ideas previas de los estudiantes.	
	Plantear situaciones problema del mundo real.	
	La explicación de los fenómenos naturales	
	El desarrollo de prácticas experimentales (Planteamiento de hipótesis, elaboración de diseños experimentales,	

Concepciones sobre la discontinuidad de la materia

En la siguiente página encontrarás una prueba tipo test (una única respuesta), la cual, permitirá evidenciar las concepciones alternativas que tienes sobre el núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia:

EVALUACION PRE-TEST PARA EVIDENCIAR LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS SOBRE EL NUCLEO CONCEPTUAL DE LA DISCONTINUIDAD DE LA MATERIA

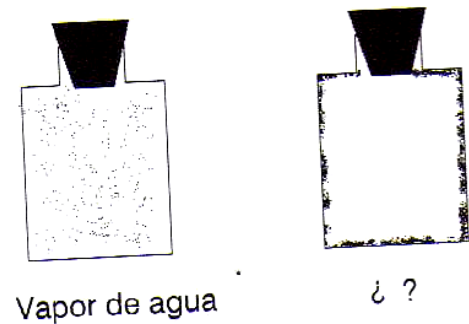
INSTITUCION EDUCATIVA XXX

GRADOS NOVENOS

1.. En la figura siguiente tenemos un frasco de cristal que contiene vapor de agua.

E.. Ha habido una interacción entre el vapor y el aire para formar una sustancia diferente, el hielo.

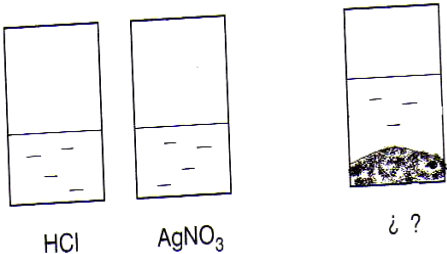
Tomado de Pozo & Gómez (1998)



Introducimos el frasco en el congelador de la nevera para que se enfríe. Lo sacamos al cabo de un rato y observamos que ahora hay un sólido (hielo) depositado en las paredes y en el fondo. ¿Qué crees que ha ocurrido con el vapor?

- A.. El vapor y el hielo son la misma sustancia, pero ahora tenemos distinta cantidad.
- B.. El vapor se ha transformado en una nueva sustancia totalmente diferente, el hielo.
- C.. El vapor ha desaparecido, el hielo ya estaba dentro del frasco.
- D.. El vapor y el hielo son la misma sustancia, sólo ha habido un cambio de aspecto.

2. Tenemos dos vasos A y B que contienen ácido clorhídrico (HCl) y nitrato de plata (AgNO3), ambas sustancias son líquidos transparentes. Se vierte A y B y se agita, tiene lugar una reacción química. Se observa que en el fondo del vaso aparece una sustancia sólida de color blanco. ¿Qué crees que ha ocurrido?



- A.. Una de las dos sustancias ha cambiado y se ha transformado en el sólido blanco.
- B.. El sólido blanco sigue siendo las sustancias A y B concentradas en el fondo del vaso, sólo han cambiado de aspecto.
- C.. Ha habido una interacción entre las sustancias A y B para formar una sustancia diferente, el sólido blanco.

D.. El sólido blanco sigue siendo las sustancias A y B concentradas en el fondo del vaso, pero hay distinta cantidad.
E.. A y B ya no están en el vaso. El sólido blanco es algo que llevan mezclado o que ya estaba en el vaso al principio.

Tomado de Pozo & Gómez (1998)

3.. Tenemos un recipiente lleno de aire y le ponemos un globo en la boca. Calentamos el recipiente y vemos como se va hinchando el globo. ¿Por qué crees que sea hinchado el globo?

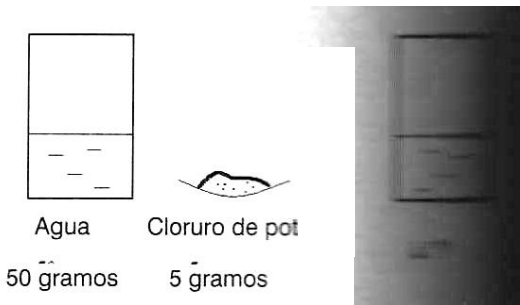
- A.. Las partículas de aire están más separadas unas de otras y por eso ocupan más espacio.
- B.. Con el calor el aire se dilata, ocupa más espacio, por eso el globo se hincha.
- C.. Con el calor el aire se concentra en la parte de arriba, en el globo.
- D.. Las partículas de aire se dilatan con el calor y, al aumentar el tamaño, de tamaño necesitan más espacio.

4.. Cuando dejamos un balón al sol observamos que al cabo de un rato está más hinchado. ¿Por qué crees que ocurre esto?

- A.. Porque con el calor las partículas de aire que están dentro del balón se mueven más de prisa, ocupan más espacio y el balón se hincha.
- B.. Porque con el calor el aire presente en el interior del balón sufre una dilatación, ocupando más espacio y el balón se hincha.
- C.. Porque el calor hace que aumente la cantidad de aire que hay en el interior del balón y por eso está más hinchado.
- D.. Porque con el calor las partículas de aire que están dentro del balón se dilatan, necesitan más espacio y por eso el balón se hincha.

Tomado de Pozo & Gómez (1998)

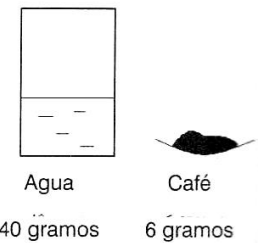
5.. El dibujo te muestra un vaso que contiene exactamente 50 gramos de agua y su sustancia química de color blanco (cloruro de potasio, KCl) cuya masa es exactamente 5 gramos. Si echamos el cloruro de potasio en el agua y removemos hasta que se disuelve totalmente, se obtiene una solución transparente.



¿Cuál crees que será ahora el peso del contenido del vaso?

- A.. 50 gramos.
- B.. Un valor comprendido entre 50 y 55 gramos.
- C.. 55 gramos.
- D.. Más de 55 gramos.

6.. El dibujo muestra un vaso que contiene 40 gramos de agua y 6 gramos de café soluble.



Si echamos el café en el agua y removemos hasta que se disuelve totalmente se obtiene una disolución de color oscuro. ¿Cuánto crees que pesará ahora el contenido del vaso?

- A.. 40 gramos.

- B.. Un valor comprendido entre 40 y 46 gramos.
- C.. 46 gramos.
- D.. Más de 46 gramos.

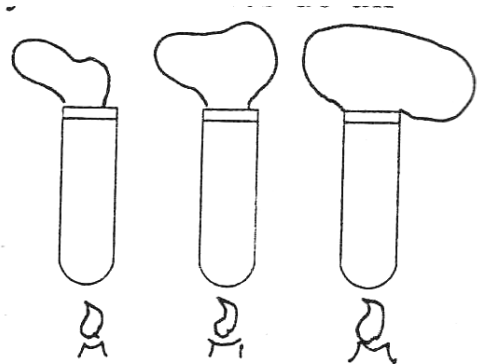
Un cable metálico tiene las siguientes propiedades: conduce la corriente eléctrica; color café; maleable. Ahora el cable es calentado en un recipiente vacío y limpio, hasta que éste se evapora. Así, el resultado de este proceso es un gas que tiene las siguientes propiedades: color amarillo; olor picante; ataca los plásticos.

7.. Supón que puedes aislar un solo átomo del cable metálico. ¿Cuál de las siguientes propiedades no es del átomo?

- A.. Conduce corriente eléctrica.
 - B.. Los átomos están cercanos.
 - C.. Su energía es menor que cuando están en la fase líquida.
 - D.. Posee un mayor grado de organización.
- 8.. Supón que puedes aislar un átomo desde las sustancia en estado gaseoso. ¿Cuál de estas propiedades puede tener este átomo?

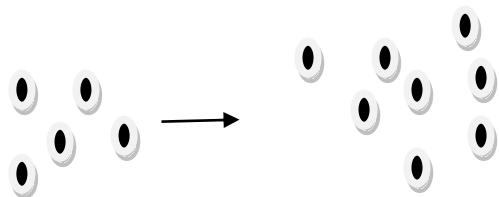
- A.. Olor irritante.
- B.. Alta energía.
- C.. Ataca a los plásticos.
- D.. Color amarillo.

9.. Cuando un objeto se calienta aumenta de tamaño. A este fenómeno lo llamamos dilatación. Es lo que ocurre, por ejemplo, cuando calentamos aire que hay en el interior de un globo y el tubo de ensayo.

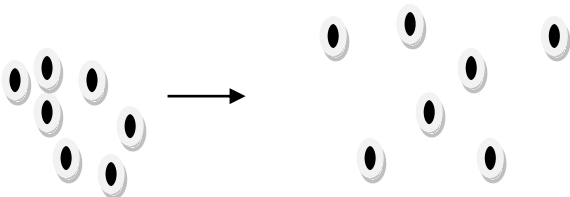


¿Cuál de los siguientes dibujos representa mejor este fenómeno?

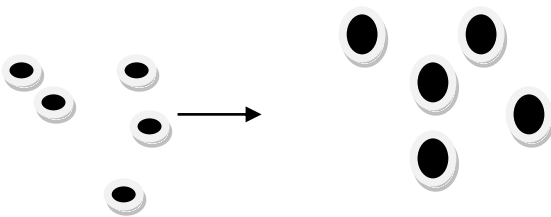
- a.. Al calentar, aumenta el número de partículas.



- b.. Al calentar se agitan más intensamente las partículas y aumenta la distancia entre ellas.



- c.. Al calentar, aumenta el tamaño de las partículas.



- d.. Ninguno de los anteriores

