



El átomo en la escuela: criterios didácticos para su enseñanza

Jorge Humberto Perez Mora

Universidad Pedagógica Nacional
Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Física

Bogotá, Colombia

2016

El átomo en la escuela: criterios didácticos para su enseñanza

Jorge Humberto Perez Mora

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar el
título de: **Licenciado en Física**

Asesor

German Bautista

Docente del Departamento de Física

Asesora

Rusby Yalile Malagón Ruiz

Docente del Departamento de Física

Línea de investigación:

Aprendizaje y Enseñanza de la Física: Enfoques didácticos


Universidad Pedagógica Nacional Facultad

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física


Bogotá, Colombia

2016

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 3	


1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	El átomo en la escuela: criterios didácticos para su enseñanza
Autor(es)	Perez Mora, Jorge Humberto
Director	Malagón, Rusby Yalile ; Batista, German
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 50 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ENSEÑANZA DEL ÁTOMO; ESTRATEGIA DIDÁCTICA; CRITERIOS DIDÁCTICOS.

2. Descripción
<p>El trabajo de grado titulado El átomo en la escuela: criterios didácticos para su enseñanza, surge a raíz de algunas inquietudes teóricas acerca de las dificultades que se presentan en la enseñanza del átomo en la secundaria. Entonces se decide investigar sobre la dificultad de la enseñanza del átomo en la escuela, con el objetivo de proponer criterios didácticos relacionados con la enseñanza del átomo con estudiantes de grado décimo del colegio Morisco I.E.D. Fijándose para lograr este objetivo primero, la elaboración un marco de referencia que permitiera la apropiación por parte del maestro en formación del átomo como objeto de conocimiento; segundo, realizar una indagación que permita reconocer el estado conceptual inicial de los estudiantes y algunas de las experiencias que utilizan los docentes de física y química para abordar el estudio del átomo; tercero, diseñar una estrategia didáctica a partir de las comprensiones teóricas alcanzadas y del reconocimiento del estado conceptual inicial de los estudiantes y de las experiencias que utilizan los docentes de física y química cuando enseñan el átomo y por último, analizar y evaluar los resultados obtenidos en la ejecución de la estrategia en el contexto de la búsqueda de criterios para enseñar el átomo.</p> <p>Esta investigación se constituye en un aporte más al campo de la enseñanza del concepto del átomo, ya que propone criterios didácticos para su enseñanza como: a importancia que tiene para la enseñanza del átomo cuestionarse el docente acerca de cuál sería el concepto de átomo que el estudiante debería aprender o construir y como el concepto que él tiene del átomo afecta la enseñanza del mismo ayuda a orientar la enseñanza de las ciencias y aquí particularmente le permite enseñar el concepto de átomo, definir precisamente que concepto de átomo enseñar y evaluar los requerimientos que demanda enseñar este concepto; específicamente la necesidad de reflexiones por parte del docente frente a lo qué es un modelo y lo que representa para la ciencia, esto a propósito de la tendencia que existe en maestros y estudiantes y hasta en libros de ciencias de asumir el modelo como una copia "exacta" del fenómeno o de la entidad que se esté estudiando y no como una representación de este. Entre otros.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 3	

3. Fuentes
<p>Adúriz, A. (2005). Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución. Buenos Aires: Fondo de cultura económica.</p> <p>Adúriz, A. B., & Morales, L. (2002). EL CONCEPTO DE MODELO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA -CONSIDERACIONES EPISTEMOLÓGICAS, DIDÁCTICAS Y RETÓRICAS. Caderno Catarinense de Ensino de Física, 76-89.</p> <p>Basabe, L., & Cols, S. (2007). La enseñanza. En A. R. Camilloni, El saber didáctico (págs. 125-158). Barcelona: Paidós.</p> <p>Benarroch, A. (2000). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 235-246.</p> <p>Blackwell, R. J. (1986). Christiaan Huygens' The Pendulum Clock. Ames: Iowa State University .</p> <p>Bolívar, C. (2007). UNA APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DEL ÁTOMO, DESDE LA PEDAGOGÍA DE LA IMAGINACIÓN PARA LA ESCUELA PRIMARIA EN POBLACIONES VULNERABLES. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.</p> <p>Camilloni, A. R. (2007). Didáctica general y Didácticas específicas. En A. R. Camilloni, El saber Didáctico (págs. 23-38). Barcelona: Paidós.</p> <p>Chamizo, J. (1996). ENSEÑAR LO ESENCIAL ACERCA DE LO MAS PEQUEÑO. Journal of the Mexican Chemical Society, 88-94.</p> <p>Contreras, J. D. (1994). Enseñanza, currículum y profesorado Introducción crítica a la didáctica. Madrid: Akal Ediciones.</p> <p>Fenstermacher, G. D. (1989). La enseñanza. En M. C. Wittrock, Investigación de la enseñanza I (págs. 150-181). Buenos Aires: Paidós.</p> <p>Freyberg, P., & Osborne, R. (1998). El aprendizaje de las ciencias: influencias de las ideas previas de los alumnos. Narcea.</p> <p>Velasco, R., & Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. Educación química, 72-85.</p>

4. Contenidos
<p>Capítulo 1: En este capítulo se planteó el problema de investigación, se fijó el objetivo de investigar este problema, y se determina la pertinencia de esta investigación.</p> <p>Capítulo 2: En este capítulo se construye un marco referencial el cual consta de; un marco conceptual en donde se conceptualiza las diferentes variables y términos del problema de investigación; de un marco teórico en donde se estudia el problema de la dificultad de la enseñanza del átomo en la escuela analizando las posturas de algunos autores frente a este.</p> <p>Capítulo 3: En este capítulo se plantea la metodología de investigación, se describe la comunidad, se plantean las fases de recolección de información y dentro de estas se plantea la estrategia didáctica.</p> <p>Capítulo 4. En este capítulo se analizan los datos obtenidos en las fases de recolección de información.</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Excellence in Education</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 3	

5. Metodología
<p>Para el desarrollo de esta investigación se empleó la investigación cualitativa. La investigación del problema se dio en dos ámbitos; primero en el ámbito teórico, segundo en el aula de clase. El estudio realizado en el ámbito teórico se constituyó en la primera fase de recolección de información del problema, la segunda fase, la tercera y la cuarta se dieron en el ámbito del aula de clase. En estas se entrevistaron a docentes, se trabajó indagando en estudiantes acerca de sus concepciones sobre el átomo, se aplicó una estrategia didáctica, respectivamente.</p>

6. Conclusiones
<p>Cuestionarse el docente acerca de cuál sería el concepto de átomo que el estudiante debería aprender o construir y como el concepto que él tiene del átomo afecta la enseñanza del mismo ayuda a orientar la enseñanza de las ciencias y aquí particularmente le permite enseñar el concepto de átomo, definir precisamente que concepto de átomo enseñar y evaluar los requerimientos que demanda enseñar este concepto.</p>
<p>Enseñar el átomo implica primeramente preguntarse por qué es la materia y cómo está constituida. Esta idea involucra que el maestro reflexione acerca de lo que es la materia y de cómo está constituida.</p>
<p>Para que la materia se constituya en objeto de estudio de los estudiantes es preferible plantearles situaciones que muestren fenómenos donde la materia se comporte ante perturbaciones de una manera “sorprendente” para los estudiantes.</p>
<p>Para aproximar a los estudiantes a la construcción del concepto de modelo científico es recomendable crear escenarios en el aula, donde ellos exploren hechos y fenómenos en los cuales tengan que recurrir a observaciones indirectas para dar explicaciones a los mismos.</p>
<p>Para aproximar a los estudiantes a una concepción discontinua de la materia es conveniente primero plantearles situaciones en las que ocurran fenómenos producto de la discontinuidad macroscópica de la materia y luego situaciones en las que a causa de la discontinuidad a nivel microscópico de la materia se generen fenómenos.</p>
<p>Las explicaciones que los estudiantes dan a los fenómenos que son causados por la discontinuidad de la materia a nivel microscópico, son de orden macroscópico y no las relacionan de ninguna manera con la idea de discontinuidad de la materia.</p>
<p>Haciendo uso de la discontinuidad a nivel macroscópico de la materia es posible aproximar a los estudiantes al concepto de modelo corpuscular de la materia. Los estudiantes se movilizan a pensar en la idea de unidad constituyente cuando observan, bajo ciertas condiciones, discontinuo a un objeto que siempre han visto continuo.</p>

Elaborado por:	Jorge Humberto Perez Mora
Revisado por:	Rusby Yalile Malagón y German Batista

Fecha de elaboración del Resumen:	10	06	2016
--	----	----	------

Contenido

Capítulo 1.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación.....	4
Capítulo 2.....	5
2.1 Marco referencial.....	5
2.1.1 Esquema conceptual.....	5
2.1.2 Definición conceptual.....	6
2.2 Marco teórico.....	14
2.2.1 <i>Consideraciones Historiográficas del átomo</i>	14
2.2.2 Implicaciones de la enseñanza del átomo.....	18
2.3 Síntesis.....	20
Capítulo 3.....	21
3.1 Tipo de investigación.....	21
3.2 Descripción de la comunidad.....	22
3.3 Fases de recolección de la información.....	23
3.3.1 Fase de abordaje teórico.....	23
3.3.2 Fase de reconocimiento de aula.....	23
3.3.3 Fase de la estrategia didáctica.....	24
Capítulo 4.....	30
4.1 Análisis de datos e interpretación de los resultados de la fase de abordaje teórico.....	31
4.2 Análisis de datos e interpretación de resultados fase reconocimiento de aula.....	33
4.2.1 Primer momento: indagación a los docentes acerca del átomo y su enseñanza, a través de una entrevista abierta.....	33
4.2.2 Segundo momento: Explicaciones iniciales de los estudiantes previo a la estrategia.....	36
4.3 Análisis de datos e interpretación de resultados fase estrategia didáctica.....	38
4.3.1 Análisis del primer eje temático de la estrategia: la idea de “materia”.....	38
4.3.2 Análisis del segundo eje temático de la estrategia: los modelos para la ciencia.....	39
4.3.3 Análisis del tercer eje temático de la estrategia: la idea de la discontinuidad de la materia.....	40
4.3.4 Análisis del cuarto eje temático de la estrategia: el modelo corpuscular de la materia.....	42
4.3.5 Análisis del quinto eje temático de la estrategia: la noción de tamaño.....	43
Conclusiones.....	44
Bibliografía.....	47
Anexo 1: Taller de explicaciones iniciales aplicado a los estudiantes.	

INTRODUCCIÓN

Esta investigación titulada *El átomo en la escuela: criterios didácticos para su enseñanza*, surge a raíz de algunas inquietudes teóricas acerca de las dificultades que se presentan en la enseñanza del átomo en la secundaria. Como por ejemplo que los estudiantes tengan la idea de que la materia es continua, que consideren que un modelo en la ciencia es una copia de lo exacta de la “realidad” y no una interpretación de la misma, que tengan que creer en átomos que no se ven pero que además desdibujan lo que ellos perciben del mundo macroscópico. Son algunas de las razones que condujeron a preguntarse en este trabajo por la enseñanza del átomo.

Entonces se decide realizar esta sobre la dificultad de la enseñanza del átomo en la escuela, con el objetivo de proponer criterios didácticos relacionados con la enseñanza del átomo con estudiantes de grado décimo del colegio Morisco I.E.D. Fijándose para lograr este objetivo primero, la elaboración un marco de referencia que permitiera la apropiación por parte del maestro en formación del átomo como objeto de conocimiento; segundo, realizar una indagación que permita reconocer el estado conceptual inicial de los estudiantes y algunas de las experiencias que utilizan los docentes de física y química para abordar el estudio del átomo; tercero, diseñar una estrategia didáctica a partir de las comprensiones teóricas alcanzadas y del reconocimiento del estado conceptual inicial de los estudiantes y de las experiencias que utilizan los docentes de física y química cuando enseñan el átomo y por último, analizar y evaluar los resultados obtenidos en la ejecución de la estrategia en el contexto de la búsqueda de criterios para enseñar el átomo.

Esta investigación cualitativa centrada en el estudio de caso. Considerada así porque, se estudiaron una serie de situaciones de enseñanza que se plantearon en el aula con el fin de comprender la particularidad de cada una de estas y conocer cómo funcionaban todos los elementos que los componían y poder relacionarlas entre ellas para formar un todo que permitiera sacar unas conclusiones generales acerca de lo que ocurre en ellas.

Esta investigación se constituye en un aporte más al campo de la enseñanza del concepto del átomo, ya que propone criterios didácticos para su enseñanza como: a importancia que tiene para la enseñanza del átomo cuestionarse el docente acerca de cuál sería el concepto de átomo que el estudiante debería aprender o construir y como el concepto que él tiene del átomo afecta la enseñanza del mismo ayuda a orientar la enseñanza de las ciencias y aquí particularmente le permite enseñar el concepto de átomo, definir precisamente que concepto de átomo enseñar y evaluar los requerimientos que demanda enseñar este concepto; específicamente la necesidad de reflexiones por parte del docente frente a lo qué es un modelo y lo que representa para la ciencia, esto a propósito de la tendencia que existe en maestros y estudiantes y hasta libros de ciencias de asumir el modelo como una copia “exacta” del fenómeno o de la entidad que se esté estudiando y no como una representación de este.

Capítulo 1.

1.1 Planteamiento del problema

Las temáticas relacionadas con la teoría atómica como el concepto de átomo, los modelos atómicos y obtención de energía a partir de la ruptura del núcleo, según los estándares Básicos de competencias en ciencias naturales para décimo y undécimo (primera edición de 2004-pag 22), hacen parte del eje denominado entorno físico; el cual direcciona y determina qué de la física se debe enseñar en la escuela. En este orden de ideas, los docentes abordan el átomo en el aula, por convicción o simplemente por estar en consonancia con los estándares curriculares establecidos por el estado colombiano.

Específicamente los estándares educativos (primera edición de 2004-pag 22), plantean que los estudiantes de décimo y undécimo deben desarrollar la competencia de “*explicar la estructura de los átomos a partir de diferentes teorías*”, este enunciado genera inconvenientes al no especificar cuáles son esas teorías, pues existen diversas que explican la estructura del átomo, y una de ellas es la teoría cuántica, que para algunos estudiosos representa un alto grado de abstracción y que puede resultar poco apropiada para el nivel cognitivo de los estudiantes.

Muchos estudios relacionados con la enseñanza del átomo coinciden en afirmar que existe una dificultad para abordar el átomo en la escuela y que resolverla implica, en principio, realizar una mirada minuciosa de cada uno de sus aspectos; lo anterior demanda reconstruir y comprender en esencia lo que este problema representa para los profesores de física. En este orden de ideas es necesario describir cada uno de esos aspectos.

El primer aspecto a considerar es de orden disciplinar y tiene que ver con la idea de continuidad. Aceptar que la materia es discontinua no es del todo satisfactorio para el estudiante, tal como lo señala Chamizo (1996):

Porque lo más fácil es y ha sido para el profesor recitar que la materia es discontinua y para los alumnos repetir que "desde luego" hay átomos, electrones y quarks. Discurso y repetición una y otra vez hasta el agotamiento porque eso, eso, prácticamente todos los alumnos de bachillerato lo "saben". Pero en realidad ¿lo saben? (p.89)

Así mismo, Driver y Cols citado por Gómez y Pozo afirman que “diversos estudios han mostrado que los alumnos antes de la instrucción, pero incluso después de ella también, mantienen una concepción continua de la materia (Gómez, Pozo, 2006, p.166).

El segundo aspecto deriva de una imagen errónea de la ciencia que se mantiene dentro de las aulas, originada por una concepción positivista para interpretar la información de la realidad. “De hecho, todavía se sigue enseñando que el conocimiento científico se basa en la aplicación rigurosa del "método científico" que debe comenzar por la observación de los hechos, de la cual deben extraerse las leyes y principios” (Gómez, Pozo, 2006, p.166). Esta concepción induce a pensar que la ciencia es una descripción de la realidad y no una interpretación de esta, es decir que el conocimiento científico es un absoluto, producto de la realidad y no de la mente humana, esto ha llevado a los estudiantes e incluso algunos de los maestros de la secundaria a quedarse con las analogías empleadas por los científicos para presentar sus teorías, y no con las interpretaciones de la realidad física que en estas subyacen.

En este sentido se suele asumir que el modelo es lo que modela y no una interpretación de lo existente. Por ejemplo, en el caso particular del átomo es muy común que los estudiantes de secundaria piensen que el átomo y su modelo son descubrimientos, y no representaciones de la mente humana para construir una imagen del mundo.

El tercer aspecto está relacionado con el modelo pedagógico bajo el cual opera la institución, ya que, en teoría, a través de este es que se organizan y sistematizan los procesos de enseñanza y aprendizaje y lo más importante es el que orienta al docente en la construcción de los planes de estudio. Dependiendo del modelo pedagógico de la institución, la enseñanza del átomo en determinados niveles es cuestionada en cuanto a su pertinencia. Citando un caso particular, si el modelo pedagógico es constructivista, el nivel de cognición del sujeto es relevante a la hora de enseñar el átomo, pues de este depende la capacidad del sujeto para aprender y comprender los conceptos.

Por ejemplo, desde la teoría del desarrollo cognitivo de Piaget, “Esquemáticamente (Radford. 1990), un joven que se encuentra en la etapa de operaciones formales tiene la habilidad para extender el razonamiento más allá de lo real hasta lo posible, mientras que uno que no alcanza esta etapa no puede hacerlo, ya que no tiene los cimientos para ello. En una edad en la que se transita entre una etapa y la otra o que, seguramente se está en la de operaciones concretas, la pregunta obligada es ¿qué puede entender un joven adolescente sobre la teoría atómica?” (Chamizo, 1996, p.89). En este modelo además de las implicaciones cognitivas que demanda del sujeto aprehender la idea de átomo, se deben tener presentes las implicaciones socioculturales.

Los tres aspectos comentados anteriormente sugieren un estudio e intervención inmediata en el proceso de enseñanza y aprendizaje del átomo en la escuela, para proponerlos aspectos didácticos involucrados en dicho proceso, que permitan avizorar alternativas de cómo llevar el átomo al aula de forma adecuada, de tal manera que este no se convierta en un simple modelo científico presentado mediante un ejercicio nemotécnico como una caja negra. Todo esto con el fin de conseguir la formación intelectual de los estudiantes respecto a este concepto o contribuir de alguna forma a ello.

De no conseguir la formación intelectual de los estudiantes respecto al concepto de átomo o contribuir de alguna manera a esto, los educandos que egresen de la secundaria desconocerán la imagen que la ciencia tiene del mundo y serán unos convencidos de que las analogías con las cuales les presentaron el átomo son objetos de la realidad física. Las consecuencias que esto implica, son semejantes a las que acarrea no enseñarles el átomo.

No enseñar el átomo, es no mostrar la piedra angular en la que se cimienta la imagen que el hombre ha construido del mundo contemporáneo, es contravenir el proceso de formación del sujeto, pues es un acto excluyente, que lo margina del escenario sociocultural de la ciencia en el cual se desarrolla y de las explicaciones que desde esta óptica se construyen.

¿Cuáles son los aspectos didácticos involucrados en la enseñanza del concepto de átomo cuando se trabaja con estudiantes de grado décimo?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Proponer criterios didácticos relacionados con la enseñanza del átomo con estudiantes de grado décimo del colegio Morisco I.E.D.

1.2.2 Objetivos específicos

- Elaborar un marco de referencia que permita la apropiación por parte del maestro en formación del átomo como objeto de conocimiento.
- Realizar una indagación que permita reconocer el estado conceptual inicial de los estudiantes y algunas de las experiencias que utilizan los docentes de física y química para abordar el estudio del átomo.
- Diseñar una estrategia didáctica a partir de las comprensiones teóricas alcanzadas y del reconocimiento del estado conceptual inicial de los estudiantes y de las experiencias que utilizan los docentes de física y química cuando enseñan el átomo.
- Analizar y evaluar los resultados obtenidos en la ejecución de la estrategia a la luz del objetivo general.

1.3 Justificación

Realizar un estudio que permita proponer criterios didácticos relacionados con la enseñanza del átomo con estudiantes del grado décimo del colegio Morisco I.E.D, es importante porque:

Primero: el átomo es un objeto de estudio de la física que se aborda en la educación media según los estándares Básicos de competencias en ciencias naturales, eje entorno físico donde se explicita que el estudiante debe explicar la estructura de los átomos a partir de diferentes teorías (MEN, 2004).

Segundo: es claro para todos los estudiosos de la física que el átomo y su nivel de abstracción sobrepasa la experiencia sensorial del sujeto y por lo tanto esto constituye un obstáculo frente a su aprendizaje. De este modo realizar estudios investigativos que permitan precisar aspectos didácticos relacionados con su enseñanza permitirá vislumbrar caminos frente a las acciones que un maestro podría seguir cuando se enfrenta a la enseñanza de este concepto.

Tercero: diferentes autores mencionan que son múltiples los aspectos del átomo que deben llegar a la física escolar, “Lo que hay que enseñar en el bachillerato es algo que permita entender que los átomos, electrones, núcleos y moléculas son objetos cuánticos, lo que eso implica y como a partir de allí se realizó el gran desarrollo científico tecnológico del Siglo XX.” (Cardoso, 2008), sin embargo, es claro que es necesario estudiar cada uno de estos conceptos para determinar las implicaciones que tienen su enseñanza y precisar así su pertinencia.

Cuarto: en la línea de investigación aprendizaje de las ciencias: enfoques didácticos, en el año 2008 se realizó una investigación titulada “*una aproximación al estudio del átomo, desde la pedagogía de la imaginación para la escuela primaria en poblaciones vulnerables*” (Bolívar C. 2008). Donde se diseñó, aplicó, y evaluó una propuesta didáctica desde la pedagogía de la imaginación, que permitió a los niños y niñas de quinto de primaria del colegio Sierra Morena IED de la localidad de Ciudad Bolívar una aproximarse al estudio del átomo. Esta investigación tenía como propósito acercar a los niños a la idea de la existencia del átomo. La presente investigación pretende utilizar algunas de las reflexiones planteadas en esa investigación y realizar un segundo trabajo con estudiantes de secundaria, que permita visibilizar si es posible inicialmente trabajar desde pedagogía de la imaginación y movernos en un plano de mayor formalidad científica.

Quinto: finalmente es importante resaltar que como maestro en formación realizar una investigación que demande dos años de trabajo en la escuela más profundizaciones teóricas, es importante en la medida en

que permite dimensionar que el asunto de la enseñanza de los conceptos físicos requiere de reflexiones específicas debido al nivel de abstracción que demanda del sujeto.

Capítulo 2

Marco referencial

Se hace necesario para los fines de esta investigación delimitar el ámbito de la misma y sentar las bases teóricas necesarias, ya que como Ortiz (2006) afirma:

Nuestro universo está integrado por una infinidad de fenómenos susceptibles de poder constituirse como un objeto de estudio, de acuerdo al enfoque disciplinar que se trate. Sin embargo, dadas las limitaciones que como seres humanos tenemos, por lo general resulta imposible estudiar todo fenómeno que ocurra en la realidad. (p.206)

De manera que es imposible abarcar a cabalidad todos los aspectos y elementos que se relacionan con un determinado fenómeno que se estudie. En este orden de ideas es imprescindible para el desarrollo de la presente investigación, construir un marco referencial, a través del cual se delimite el ámbito de investigación y se fijen las bases teóricas necesarias.

El marco referencial, está conformado por, un marco conceptual, un marco teórico y una síntesis de estos dos marcos. En el marco conceptual se reconfigura el problema de investigación y se asumen posturas frente a los conceptos de enseñanza, didáctica, criterio didáctico, modelo científico y átomo. Por otra parte, en el marco teórico se describen algunas consideraciones historiográficas del átomo y se precisan algunas implicaciones de la enseñanza del átomo. Finalmente se encuentra el apartado denominado síntesis en donde se exponen un conjunto de ideas fundamentales producto de las conceptualizaciones alcanzadas a través del abordaje teórico realizado en los campos educativo y disciplinar durante la construcción del marco referencial.

2.1 Marco referencial

Este marco conceptual surge como resultado de poner a consideración la necesidad de un aparato metodológico, que permita llevar a cabo la fundamentación teórica de esta investigación. El cual tiene como objeto: en primer lugar, mostrar de forma hipotética la relación que existe entre algunos elementos y el objeto de estudio, en segundo lugar, delimitar los términos más relevantes que se encuentran en dichos elementos, los cuales estarán presentes a lo largo de esta investigación, además de fijar los significados que se tendrán presentes cuando se haga uso de alguno de estos términos. Esto es apropiado ya que permite tener claridad en los términos que se emplean en la fundamentación teórica de la presente investigación, a la vez que esta se hace más legible y entendible para los lectores.

2.1.1 Esquema conceptual

En el siguiente esquema conceptual (*Figura 1*) se proponen de manera hipotética, algunas de las posibles variables que se vinculan con el objeto de estudio (*dificultad en la enseñanza del átomo en la escuela*) de la presente investigación, ya que como menciona Ortiz (2006):

Dadas nuestras limitaciones, no nos es posible estudiar la totalidad de fenómenos que ocurren en una situación dada, lo cual implica que tampoco podemos percibir la totalidad de relaciones entre esos fenómenos. Por ello, se hace necesario llegar a ciertos procesos intelectuales denominados *abstracciones*; a través de ellas, es posible identificar las características o cualidades de un fenómeno

específico, así como el lugar que ocupa en el contexto donde lo ubiquemos. Ello, a fin de conocer su naturaleza. (p.211)

La relación que se da entre los diferentes elementos del esquema conceptual (*Figura 1*), es la causalidad, a partir de la cual se identifican aquellos elementos que posiblemente son causa del problema de investigación.

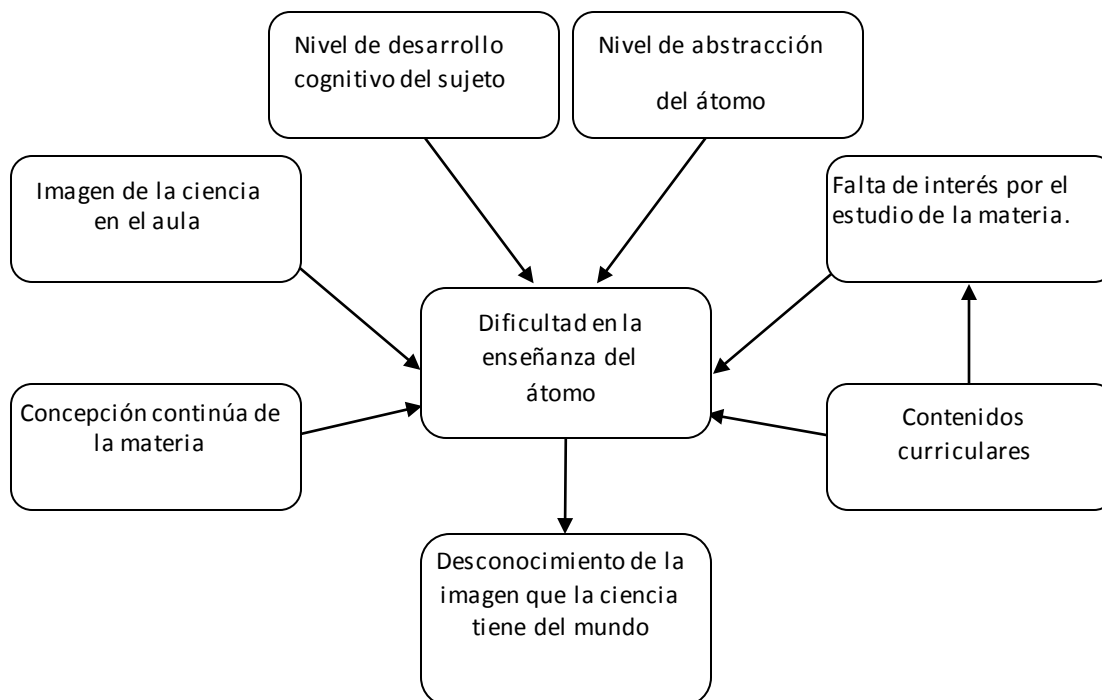


Figura 1. Esquema conceptual de las posibles causas y consecuencias, de la dificultad para abordar el átomo en la escuela (La dirección de las flechas implica una causalidad). *Fuente:* Elaboración propia 2015

2.1.2 Definición conceptual

A continuación, se presenta una aproximación conceptual de cada uno de los elementos que se encuentran en el esquema de la *Figura 1*, y otros asociados a estos que también son relevantes para la fundamentación teórica de la presente investigación. El propósito de este apartado es fijar los significados y conceptos que se otorgan a los términos considerados claves en la fundamentación teórica y desarrollo de este estudio.

La intención no es que este apartado se torne en un listado de términos y definiciones, en el que se considere un único punto de vista y se obvie la diversidad conceptual que se ha puesto a consideración de la comunidad científica respecto a los diferentes significados de los términos que acá se exponen, por esta razón se toman algunos puntos de vista de ciertos autores como referentes, sin embargo, las conceptualizaciones que se hacen al respecto obedecen a la lógica del investigador.

Puesto que la *dificultad en la enseñanza del átomo* es el objeto de estudio de la presente investigación, el ámbito de esta se encuentra vinculado al campo educativo y al campo de las ciencias naturales. Por tanto, las conceptualizaciones de los términos que acá se muestran, emergen de los cuerpos teóricos de dichos campos.

Por conveniencia del investigador para entender el fenómeno que se estudia, teniendo presente la diversidad de pensamiento y las diferentes maneras de entender y comprender un fenómeno, este apartado

denominado definición conceptual, se encuentra fragmentado en dos partes, el campo educativo, en donde se definen los términos relacionados con la educación, y el campo de las ciencias naturales, en el que se definen los términos relacionados con estas ciencias. Esto no implica de ninguna manera que lo educativo y las ciencias naturales, se aborden de manera independiente en este estudio, ya que este se focaliza en la enseñanza de un concepto de la ciencia (el átomo), sino que como se mencionó anteriormente, esto se hace por conveniencia.

2.1.2.1 Campo educativo

Para “definir” conceptualmente aquellos términos del ámbito educativo, cuyas claridades son cruciales para el desarrollo de esta investigación, se considera la acción educativa como el universo en el cual se encuentra inmerso el fenómeno que estudia esta investigación (*dificultad en la enseñanza del átomo*) y en el cual yacen todos los significados de los términos que acá se definen.

2.1.2.1.1 La enseñanza

Es bien sabido que los seres humanos tienen la capacidad de aprender, y que precisamente la enseñanza surge cuando el hombre descubre que tiene la capacidad de aprender, también se conoce que aprender y enseñar son procesos que en muchas ocasiones se dan sin que el sujeto se percate de ello, aunque este último aspecto es bastante discutido. Sin embargo, el significado que se le atribuye en esta investigación al término *enseñanza*, gira principalmente en torno a un punto de vista según el cual es posible concebir la relación entre la enseñanza y aprendizaje no como una relación de causa y efecto, sino como una relación ontológica

Como cualquier término de uso frecuente en el lenguaje cotidiano, el término «enseñanza» es de difícil definición por la diversidad de situaciones a las que se aplica y, consecuentemente, la variedad de sentidos que asume. Basta una ojeada a las siguientes frases:

«Mi hermana me enseñó a tirarme a la piletta de cabeza»

«Lamentablemente, la vida enseña a ser desconfiado.»

«Enseñaba filosofía en la universidad.»

«Varias veces trataron de enseñarme a apreciar la ópera» (Basabe & Cols, 2007)

Es entonces, tal la dificultad de definir el término *enseñanza*, que al igual que muchos términos toma varios significados no solo en el lenguaje cotidiano, también en campos específicos del conocimiento.

El desarrollo de este estudio requiere de un concepto de enseñanza, el cual debe ser asumido con delicadeza y detenimiento a través de un análisis conceptual que demande metodológicamente recurrir al campo donde se produce el evento o situación que se denomina enseñanza. Esto asegura que el concepto emergente no sea ajeno al fenómeno que se estudia.

Según Orozco (2005) para Cohen el análisis conceptual puede proceder metodológicamente por solo una de las siguientes maneras de concebir como se definen los términos: un término se puede definir de manera arbitraria para denotar un fenómeno que se percibe sensorialmente; también se puede definir vía nominal, de tal manera que evoque un grupo de símbolos y sus relaciones, así mismo puede ser definido como un símbolo arbitrario para representar un fenómeno que no sea observado directamente con los sentidos, es decir que para tal fin se hayan empleado aparatos o interpretaciones teóricas para percibirlo y por último un término puede ser definido por su función en un cálculo teórico. Sin embargo, el problema conceptual no se debe solamente a la inevitable polisemia de los términos.

En el análisis conceptual sobre la enseñanza, que se encuentra a continuación, se opta por definir el término *enseñanza* de manera arbitraria para denotar un fenómeno que se percibe sensorialmente. Sea este fenómeno, un docente que posee un contenido sobre el átomo e intenta transferirlo a un estudiante. Que más pertinente que esta situación para analizar y derivar un concepto de enseñanza compatible con el ámbito de esta investigación.

Es claro que en esta situación los tres factores que la componen son el docente, el contenido sobre el átomo y el estudiante, en la cual se observa un tipo de relación entre ellos. El docente tiene el contenido acerca del átomo, el cual intenta transferirlo al estudiante que lo desconoce. Esto es lo que según Fenstermacher (1989) “constituyen un concepto genérico de enseñanza. Cualquier añadido...será simplemente una extensión o elaboración de este concepto genérico. Hay muchas maneras de trabajar sobre la idea genérica” (p.153).

A partir de esta definición elemental de la enseñanza, se pueden gestar definiciones elaboradas, de ahí su carácter genérico. Pero antes de hacerlo es necesario establecer las características de la misma: en la definición genérica de la enseñanza del átomo, que acá se plantea, se encuentra; por un lado, el docente que posee un contenido sobre el átomo y que tiene la intención de transferirlo o compartirlo al estudiante, intención que se traduce en acciones; y, por otro lado, está el estudiante que no posee el contenido que el docente intenta compartirle. Además de esto, existe una relación entre los dos que los compromete para que el estudiante estructure el contenido acerca del átomo.

Extrapolando, es posible a partir de las características de la definición genérica de la enseñanza, inferir que es lo que requiere una actividad para que sea considerada enseñanza; fundamentalmente deben participar dos personas, de las cuales una de las dos tiene que poseer un contenido que pretende transferirlo o compartirlo a la otra que lo desconoce, además tiene que existir una relación entre las dos personas, que las convoca con el objeto de que se dé la transferencia del contenido.

La definición genérica de la enseñanza del átomo, se puede re-elaborar para propósitos de esta investigación, asumiendo que el docente no transmite al estudiante el contenido que posee acerca del átomo y que en realidad lo que el posee no es el contenido sino el conocimiento respecto al mismo. Pero el conocimiento es algo que no se puede transmitir ya que es una construcción propia de cada sujeto, entonces ¿qué papel cumple el docente cuando se dice que está enseñando el átomo? En este caso se dice que el docente en el aula es el encargado de proporcionar los escenarios y condiciones necesarias para que el estudiante lleve a cabo la acción de conocer el átomo, necesaria para que el estudiante construya su conocimiento acerca del átomo. Esto implica que en esta investigación:

Se asume que el “conocimiento” es el producto de la actividad de conocer y que, por consiguiente, lo más importante en la construcción de conocimiento es la “actividad” misma. Se asume, también, que el papel primordial del docente y de la institución escolar es la de proveer las condiciones necesarias para que los estudiantes puedan ejercer la “actividad de conocer”. (Bautista, 1998)

La anterior concepción de la enseñanza, implica una libertad de la misma respecto a la relación causal que se suele asumir esta tiene con el aprendizaje, comúnmente expresada por el binomio enseñanza-aprendizaje en muchos de los discursos sobre educación en los que se le ha dado ese sentido. Es decir, en esta investigación se asume que la enseñanza no es la causa del aprendizaje, ya que este ocurre en la mente del estudiante, es el quien logra aprender. Desde luego que sin aprendizaje no hay razón de ser para la enseñanza, pero esto es diferente a que el aprendizaje sea un efecto de la enseñanza, de lo contrario implicaría que una relación ontológica sea igual una relación causal. Como afirma Fenstermacher (1989):

Parece haber escasas dudas acerca de la dependencia ontológica de la enseñanza respecto del aprendizaje. Sin el concepto de aprendizaje, no habría concepto de enseñanza (... la dependencia no actúa en sentido inverso). Los que sostienen que hay una relación causal entre enseñanza y aprendizaje están, en mi opinión, confundidos por la relación ontológicamente dependiente entre ambos conceptos. La dependencia ontológica lleva al investigador a deducir la causalidad a partir de correlaciones observadas, cuando sin duda es posible explicar estas correlaciones de otro modo. (p.154)

El abordaje teórico anterior permite entender por qué respecto a la relación entre enseñanza y aprendizaje algunos discursos educativos generalmente asumen las siguientes posturas:

... la enseñanza y el aprendizaje se constituyen en una unidad didáctica y dialéctica, enfocándolos como dos procesos no antagónicos, sino complementarios (Klingberg, 1980; Berrier et al., 1987; Klingler y Vadillo, 1997; Gallego, 1999; Zilberstein. et al., 1999; Perales et al., 2000; Mota, 2004). Desde otra perspectiva, se plantea que enseñar y aprender son dos procesos diferentes. Enseñar hace referencia a las condiciones y acciones docentes externas al sujeto, dirigidas a provocar algún tipo de modificación en su sistema cognoscitivo o afectivo, mientras que aprender hace referencia las modificaciones internas del individuo (Delval, 1997). (Mazarío, 2006, p.1)

Finalmente, se concluye que, a través de este abordaje teórico sobre la enseñanza, se asumió una postura frente al concepto de enseñanza al que esta investigación referirá durante su desarrollo.

2.1.2.1.2 La didáctica

Para esta investigación es necesario hacer un estudio que permita responder al maestro en formación la pregunta de ¿cómo enseñar el átomo? A continuación, se aborda teóricamente la disciplina que se encarga de resolver interrogantes como este.

En cuanto al término didáctica, existen múltiples definiciones, de ahí la necesidad de especificar cuál es el concepto de didáctica que se asume en el desarrollo del presente estudio. Para lo cual es conveniente comenzar por el origen de este término y luego comentar algunos aspectos del mismo.

Didáctica viene del griego *didaktiké*, que quiere decir arte de enseñar. La palabra didáctica fue empleada por primera vez, con el sentido de enseñar, en 1629, por Ratke, en su libro *Aphorisma Didactici Precipui*, o sea, Principales Aforismos Didácticos. El término, sin embargo, fue consagrado por Juan Amós Comenio, en su obra *Didáctica Magna*, publicada en 1657. (Néricsi, 1985, p.57)

Para Amós Comenio, didáctica es el arte de enseñar, que se puede tomar como el ingenio universal para enseñar todo a todos. Sin embargo, este autor tan importante, conocido como padre de la didáctica, no margina la didáctica del aprendizaje. En su obra *Didáctica Magna* (1657), Comenio ubica el sujeto que aprende como el centro del acto educativo. Para Comenio la didáctica es el arte de enseñar y aprender. Son muchos los autores posteriores a Comenio y recientes, como B. Othanel Smith (1971), que catalogan la didáctica como un arte.

Desde la antigüedad el arte se ha entendido no solamente como lo bello, o el estar armonioso de un conjunto de cosas, sino también como algo relacionado con el intelecto; una habilidad que permite con facilidad y elegancia hacer cosas. Es así como se tienen diversos artes. Y enseñar es uno de ellos.

Sin embargo, la didáctica no solamente debe limitarse a ser un arte, es decir a los recursos, técnicas y métodos de enseñanza existentes o a la habilidad y destreza que el maestro tiene para enseñar, sino que además debe ser una ciencia que investigue y experimente con el propósito de dar explicaciones a los procesos de enseñanza para proponer su realización en consonancia con las finalidades educativas. Es decir, la didáctica debe ser esa ciencia que ande en la constante búsqueda de explicaciones de los procesos de enseñanza y a partir de dichas explicaciones proponer nuevas técnicas y métodos de enseñanza, con el objeto de que el aprendizaje sea más eficiente.

La perspectiva de la didáctica como ciencia, en la actualidad es la más compartida por la comunidad de estudiosos de la educación, esto se debe a que la didáctica es una disciplina que satisface los criterios de definición de la ciencia, lo cual implica que la didáctica como ciencia puede entenderse de diversas maneras,

debido a que en el concepto de ciencia no existe uniformidad de términos entre los expertos; para efectos de esta investigación se asume una postura frente a lo que se considera ciencia.

Al respecto se considera apropiado asumir posturas como la de (Toro, 2003), pese al positivismo que esta engendra, quien afirma:

Para que una disciplina pueda ser considerada como ciencia, o sea, como una rama particular del saber humano caracterizada por un cuerpo de doctrina metódicamente formado y ordenado, que da lugar al conocimiento cierto de las cosas por sus principios y causas, debe reunir tres requisitos fundamentales: a) debe disponer de un método de investigación específico que pueda ser aplicado uniformemente por quienes se dedican a su estudio; b) debe tener un objeto de estudio claramente definido que además pueda ser analizado objetivamente; c) debe conducir a la formulación de leyes que permitan la predicción de fenómenos. (p. 35)

Asumiendo esta postura, se puede analizar cualquier definición de didáctica a la luz del cumplimiento de estos tres requerimientos, con el fin de concluir un concepto de didáctica conveniente para este estudio, sin embargo, el propósito con este apartado es solamente asumir una postura pertinente para esta investigación, frente a lo que es la didáctica, y no realizar un estudio analítico de los diferentes conceptos que hay sobre didáctica, cosa que resulta dispendiosa e innecesaria a nivel metodológico para el estudio que se realiza.

Por el momento solamente se ha comentado de manera general acerca de la didáctica, y no se ha hecho alusión a sus especificidades. A continuación, se precisa acerca de este aspecto.

La didáctica tiene dos orientaciones: la didáctica general que se ocupa de la enseñanza, “[...] sin diferenciar con carácter exclusivo campos de conocimiento, niveles de la educación, edades o tipos de establecimiento, [y las didácticas específicas que]...desarrollan campos sistemáticos del conocimiento didáctico que se caracterizan por partir de una delimitación de regiones particulares del mundo de la enseñanza” (Camilloni, 2007, p. 23)

Las didácticas específicas son múltiples, ya que es posible diferenciar muchas clases de situaciones de enseñanza, a partir, por ejemplo, de criterios como los que sugiere Camilloni (2007): nivel escolar, edad de los estudiantes, campo de conocimiento, tipo de institución y características de los sujetos. En este orden de ideas y siguiendo a Camilloni (2007), se tienen las didácticas específicas según el nivel escolar, según la edad de los estudiantes, según el campo de conocimiento, según el tipo de institución y según las características de los sujetos.

Pero la especificidad de estas didácticas es amplia; por ejemplo, las didácticas específicas según el campo de conocimiento de las ciencias naturales, da lugar a la didáctica de cada una de las disciplinas que pertenecen a las ciencias naturales, como la didáctica de la física, y aun puede haber didácticas mucho más específicas para cada una de las ramas de la física, e incluso para cada uno de los tópicos que se abordan en cada una de estas, como por ejemplo la didáctica de la enseñanza del átomo a estudiantes del grado decimo de aula regular, que en últimas es la requerida en el desarrollo de esta investigación.

Por lo visto las didácticas específicas están más cerca de la práctica que la didáctica general, ya que estas se encargan de estudiar situaciones de enseñanza muy particulares, como por ejemplo la que ya mencionamos y que es la que convoca este estudio, *enseñar el átomo a estudiantes del grado decimo de aula regular*. Sin embargo, la didáctica general está más próxima a campos de conocimiento mucho más generales, como las teorías cognitivas, las teorías del aprendizaje... Es decir, la didáctica general tiene un carácter más teórico que práctico, mientras que las didácticas específicas son de índole más práctico. Esto de ninguna manera debe llevar a pensar que las didácticas específicas no teorizan sobre cómo enseñar, y que estas se constituyen únicamente por una serie de acciones o recursos de aula que facilitan la enseñanza. Sino más bien hace referencia al hecho de que las didácticas específicas teorizan o desarrollan sus campos de conocimiento

didáctico a partir de la vivencia en el aula, son didácticas más del maestro, que del “teórico de escritorio” en donde podría figurar en cierto grado bien la didáctica general.

Ahora, en cuanto a la relación entre la didáctica general y las didácticas específicas, se admite que esta es muy compleja y su esclarecimiento, sin duda requiere de un análisis que demanda comprender gran parte del extenso discurso teórico que hay al respecto. De manera que es arriesgado y algo pretencioso tratar de aproximarse a la comprensión de dicha relación en el presente estudio. Sin embargo, para efectos del desarrollo de esta investigación, este es un riesgo que es necesario asumir, no hacerlo implica desconocer gran parte de las acciones investigativas que este estudio pretende realizar en el aula respecto a la enseñanza del átomo, lo cual se puede inferir de los argumentos que se exponen a continuación.

Para aproximarse a la comprensión de la relación que hay entre la didáctica general y las didácticas específicas, es conveniente asumir que las segundas no son divisiones o ramas de la primera, y partiendo de esto plantearse los interrogantes ¿Qué es lo que cada una de estas estudia? ¿Qué es lo que cada una de estas hace?, ¿Para que lo hace?, ¿Cómo lo hace? y ¿Cuáles son sus semejanzas y diferencias? Sin duda dar respuesta a estos interrogantes es crucial para el accionar investigativo que se lleve en el aula. De ahí la relevancia que tiene para este estudio de la relación que se establezca entre didáctica general y las didácticas especializadas.

Pues bien, tanto la didáctica general como las didácticas específicas, en resumidas cuentas, hacen lo mismo, es decir las dos investigan la enseñanza y los problemas de esta, con el fin de responder el interrogante de ¿cómo enseñar? y buscar alternativas de solución a los problemas de la enseñanza, desde luego, esto por lo general lo hacen en pro de ciertos objetivos y metas que la educación pretende alcanzar a través de la enseñanza. Por las didácticas demandan de un alto grado de creatividad del docente investigador, ya que es el quien debe crear el método didáctico que emplea en el aula de clase para dar solución a los problemas de la enseñanza, este método también puede ser pensado para identificar problemas en la misma.

Ahora en cuanto a las diferencias entre la didáctica general y las didácticas específicas, se sabe que, si las hay, y que principalmente estas se deben a que las preocupaciones de la didáctica general son distintas a las de las didácticas específicas, además también su diferenciación obedece a que los métodos de investigación que emplean en ocasiones son distintos. Ya se comentó anteriormente que las didácticas específicas derivan sus conceptos y conclusiones de la práctica, de la vivencia en el aula, mientras que la didáctica general se nutre y se vale de teorías existentes para desarrollar su campo de conocimiento, teorías como la psicología cognitiva y las teorías generales del aprendizaje, entre las cuales se pueden resaltar por sus significativas contribuciones a la didáctica general: la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner, la teoría del desarrollo cognitivo de Jean Piaget, la teoría del aprendizaje sociocultural de Lev Vygotsky y la teoría cognitiva del descubrimiento de Jerome Seymour Bruner, entre otras.

Para precisar mejor la relación que hay entre la didáctica general y las didácticas específicas, es necesario tener en cuenta que la enseñanza es diversa y que tal diversidad no se debe a los distintos métodos o técnicas de enseñanza que los docentes emplean para llevar a cabo la acción de enseñar, ya que, tanto los métodos como las técnicas de enseñanza, las didácticas las gestan a partir de esta diversidad. Entonces, ¿a qué se debe la diversidad de la enseñanza?

La enseñanza es diversa, no es lo mismo enseñar el átomo a estudiantes de una institución rural, que enseñarlo a estudiantes del casco urbano; o enseñarlo en el aula inclusiva a enseñarlo en aula regular. De hecho, el mismo contenido que se enseña hace que la situación de enseñanza sea distinta, enseñar *el átomo* no es igual que enseñar *centro de masa*. Esto es tan evidente que decirlo es una perogrullada.

En últimas, se puede afirmar que la enseñanza es diversa porque está compuesta de un sin número de situaciones particulares de enseñanza que son distintas entre sí, bien sea por el contexto, el tipo de sujetos, el tipo de institución, las características de los contenidos, etc.

En esta realidad donde la heterogeneidad de la enseñanza es prolifera, las didácticas específicas encuentran su razón de ser, a la vez que, junto con la didáctica general asumen papeles similares pero distintos; en tanto que la didáctica general propone sus principios generales con la intención de que estos abarquen la más diversa gama de situaciones de enseñanza; cada una de las didácticas específicas proponen principios o criterios específicos que abarcan una situación de enseñanza en particular. Esto quiere decir que la didáctica general centra su atención en las características comunes de las situaciones de enseñanza y le son indiferente las diferencias que hay entre las situaciones de enseñanza, mientras que las didácticas específicas fijan su foco de atención en las particularidades de las situaciones de enseñanza.

Esto no quiere decir que didáctica general y didácticas específicas no se interrelacionen a través de los productos de su quehacer, ya que puede suceder que algunos principios didácticos encontrados en la enseñanza por las didácticas específicas, sean aplicables a diversas situaciones de enseñanza y que pasen a formar parte del cuerpo teórico de la didáctica general, también se puede dar que principios de la didáctica general sean aplicables por algunas didácticas específicas y por último puede suceder que ciertos conocimientos que derivan las didácticas específicas contradigan a los entrañados por la didáctica general. Es decir, la didáctica general y las didácticas específicas constituyen un entramado caracterizado por la generalización, la singularización y la contradicción entre sus conocimientos. De modo que:

[...] las didácticas de dominio específico no se limitan a la aplicación de aquellos principios teóricos y metodológicos provenientes de la didáctica general; por el contrario, se constituyen en una fuente inagotable de experiencias específicas que parten del reconocimiento de la naturaleza de la ciencia a enseñar y de las especificidades contextuales en las que se realiza el proceso de formación; son, en gran parte, el laboratorio en el cual se generan nuevas experiencias de enseñanza, de aprendizaje y de formación en pensamiento crítico disciplinar y, como tal, sus logros permean de manera permanente los marcos conceptuales y metodológicos ya constituidos de la didáctica general. (Tamayo, 2014, p. 30)

Lo que se ha expresado permitió asumir una postura sobre lo que se entiende por didáctica, se comprendió en cierta manera la relación que hay entre la didáctica general y las didácticas específicas, elementos necesarios para el desarrollo de esta investigación. A manera de conclusión con este abordaje teórico sobre la didáctica se logró adquirir los elementos teóricos necesarios para reconocer que el docente, o en este caso, el docente en formación cuando se enfrenta a una situación de enseñanza, el primer paso que debe hacer, es caracterizarla estableciendo nivel escolar, edad de los estudiantes, campo de conocimiento, tipo de institución y características de los sujetos. Y a partir de esta caracterización emprender el segundo paso, la trasposición didáctica.

2.1.2.1.3 ¿Qué se entiende por criterio didáctico?

Una de las instituciones culturales más importantes a nivel mundial por el papel que desempeña en la regularización lingüística es la Real Academia Española RAE (2014), la cual define *criterio* como: “(Del gr. κριτήριον, de κρίνειν, juzgar). Norma para conocer la verdad [...] Juicio o discernimiento.” En concordancia con este planteamiento de la RAE, este estudio asume que un *criterio* es una norma, pauta o regla que se debe tener en cuenta para algo.

En cuanto al término **didáctico**, es evidente que tiene que ver con la didáctica, respecto a la cual ya se asumió un concepto. De manera que didáctico, hace referencia a cómo enseñar.

A partir de las dos definiciones anteriores se puede decir que un *criterio didáctico* es una norma, pauta o regla que se debe tener en cuenta para enseñar.

2.1.2.2 Campo de las ciencias naturales

2.1.2.2.1 ¿Qué es un modelo científico?

Hacer una aproximación conceptual, acerca de lo que es un modelo en las ciencias naturales, es relevante para esta investigación, sin embargo, esto demanda asumir una postura, ya que los discursos al respecto son múltiples y variados.

Modelo, sin duda es un término que se emplea con diversos significados, incluso si se restringe su uso al campo de las ciencias naturales. Al respecto, se puede decir que prácticamente la única característica en común de la idea de modelo, en la que concuerdan la mayoría de los epistemólogos y científicos naturales, es que el modelo es un “sustituto” o un subrogado de los sistemas *reales* que se estudian (Adúriz A. , 2005).

Un modelo puede ser un prototipo o un arquetipo. Por ejemplo, cuando se dice “*Un auto último modelo*”, “*un apartamento modelo*” y “*ese hombre era tan bueno que al morir se convirtió en un modelo de vida a seguir*” se entiende que un modelo es un prototipo. Por otro lado, un modelo puede ser una representación o un esquema y en tal caso el término modelo se asume como un arquetipo, por ejemplo, en la afirmación “*el modelo del átomo*” se piensa el término modelo como una representación gráfica de la materia a nivel microscópico.

Los modelos entendidos como arquetipos, es decir como “representaciones” que pueden ser mentales y extra mentales. Según Duval (1999), las representaciones pueden ser mentales y materiales. Por ende, pueden existir modelos mentales y extra mentales o materializados, los cuales pueden ser prototipos y/o facsímiles. Los modelos mentales no siempre coinciden en su totalidad con los modelos materializados, por ejemplo, el átomo del modelo mental puede mostrar diferencias en el modelo materializado o dibujado en un papel por un estudiante, bien sea porque el estudiante no posee la habilidad para materializar el modelo mental o simplemente porque tiene limitaciones para proyectar el modelo mental en un modelo material.

En esta investigación se entienden los modelos científicos como arquetipos empleados por la ciencia para representar ideas que responden a cómo funciona una parte del mundo natural. Se debe reconocer que un modelo científico por más “exacto o detallado” que sea no puede abarcar el fenómeno natural que representa en su totalidad y que esto es una de las razones por la que los modelos están sujetos a transformaciones y cambios. Un ejemplo de esto puede ser el modelo del átomo de Dalton que a pesar de que daba cuenta casi por completo la química del siglo XVIII y parte de la desarrollada a comienzos del siglo XIX, no explicaba algunos procesos fundamentales como el enlace químico, la electrización por frotamiento y la emisión de luz de ciertos cuerpos. Y la llegada posteriormente del modelo atómico de Thomson que explica algunos hechos que no explicaba el modelo de Dalton.

Además, un modelo científico no solamente puede ser una representación gráfica, también puede ser una representación abstracta, conceptual o visual.

En este apartado se ha hecho alusión al concepto de modelo científico dada la importancia que este tiene para las ciencias y sus implicaciones en la enseñanza del átomo. Ya que “El objetivo de estos modelos es que el estudio, a un cierto nivel, resulte más sencillo gracias a abstraer la lógica del átomo y trasladarla a un esquema” (Latorre, 2013, pag.1).

Por último, hay que hacer la distinción entre el modelo científico y la teoría científica. La teoría científica es todo aquello que se puede decir de los modelos científicos, expresado a través de un discurso relativamente coherente y aceptado. Los modelos científicos son el referente que hace más comprensible una

teoría científica. Por ejemplo la teoría atómica es una teoría científica sobre la naturaleza de la estructura de la materia la cual tiene como proposición fundamental que toda la materia está compuesta de átomos y el modelo del átomo sirve como referente para comprender más fácilmente dicha proposición.

2.1.2.2 El concepto de átomo

Es relevante para este estudio que se preste atención al concepto de átomo, ya que no es posible enseñar el átomo y mucho menos construir conocimiento acerca de cómo enseñarlo, si no se tiene una concepción clara del mismo. El dominio disciplinar es fundamental para las acciones didácticas que emprenda el docente en el aula. Sin no hay dominio en la disciplina no es posible construir y ejecutar conocimientos didácticos. Como afirma Giordano y Progré (2012): “Cuando construimos genuino conocimiento didáctico del contenido, significa profundizar en el conocimiento disciplinar” (p. 31).

En este estudio, se asume el átomo como herramienta teórica postulada para la explicación de los fenómenos físicos y no como una realidad accesible a la observación indirecta mediante instrumentos (Adúriz & Morales, 2002). Es decir que no se adopta el átomo como un objeto concreto, contrario a lo que se infiere de las definiciones que se muestran en algunos textos de enseñanza de física y química de secundaria como, por ejemplo: “Un átomo es la partícula más pequeña de un elemento que tiene las características de este” (Timberlake & Timberlake, 2008, p.103).

2.2 Marco teórico

En este apartado se realizará primeramente un abordaje historiográfico del átomo, y luego se describirán algunas de las implicaciones de la enseñanza del átomo.

2.2.1 Consideraciones Historiográficas del átomo

El siguiente recuento histórico, se realiza porque es importante abordar los diferentes modelos del átomo y su historia, con el fin de alcanzar una reconstrucción del desarrollo y cimentación de la teoría del átomo en su contexto histórico, ya que esto permitirá la apropiación disciplinar necesaria para la realización del trabajo didáctico.

Desde la antigüedad algunos hombres se han interesado por el estudio de la materia; su constitución y su estructura, ya sea por razones intrínsecas o por motivaciones impuestas a ellos debido a la dinámica sociocultural.

Hacia los siglos quinto y sexto antes de nuestra era, se asume que surge el término “materia” empleado por el filósofo Tales de Mileto (625 a. C.-c. 547 a. C.), para denominar el conjunto de todo lo que compone las cosas. Para Tales la materia ha de estar constituida por una única sustancia, el agua, siendo esta el elemento que compone todas las cosas, pues no ha de ser otro diferente, el agua se puede encontrar con mayor abundancia y facilidad en los estados sólido, líquido y gaseoso.

A esta forma de pensamiento se le denominó “monismo”, el cual supone que todas las cosas están constituidas en esencia por una única sustancia o elemento denominado arjé.

El monismo fundado por Tales de Mileto, guió a algunos de los filósofos que existieron antes y después de Sócrates, para estudiar y concluir cuál era esa sustancia fundamental que constituía todas las cosas (*el arjé*).

A los filósofos que existieron antes de Sócrates se les denomina presocráticos y los que estudiaban la constitución de la materia antes de Sócrates se pueden clasificar en monistas físicos y monistas metafísicos dependiendo si el estudio que hacían sobre la constitución de la materia se daba en un plano exclusivamente físico o integraba aspectos abstractos como el alma, el ser, la mente...

De los filósofos presocráticos monistas físicos se encuentra Anaxímenes de Mileto (590 a. C. –524 a. C.), uno de los tres integrantes de la escuela de Mileto el cual afirma que el arjé es el aire, puesto que este se podría transformar en las demás cosas a través de los procesos de rarefacción y condensación, y designa lo frío y lo caliente como consecuencias de la rarefacción y condensación del aire.

De los filósofos presocráticos monistas metafísicos a destacar por sus contribuciones al estudio de la materia en la antigüedad, primeramente, tenemos a Parménides de Lea (540 a.C-470 A.C), quien pone de manifiesto que la mente es la única que hace posible estudiar la materia y argumenta que nuestros sentidos nos engañan, esto es relevante en la medida, en que Parménides asume la física como una actividad intelectual. Posteriormente Heráclito de Éfeso (535 a.C- 438 a.C), define que la sustancia última que compone todas las cosas es el fuego, debido a que el universo está en constante movimiento y cambio.

Hacia el siglo cuarto antes de nuestra era, el monismo empieza a caer como consecuencia de nuevas formas de concebir la composición de la materia, una de estas, la más significativa es la propuesta por Empédocles (490 a.C-439), quien propone que la materia no está constituida por una sustancia última, y en su lugar propone que ha de estar compuesta por todos los elementos que sus antecesores habían propuesto como sustancia única, componente de la materia, es decir para

Empédocles la materia estaba constituida de cuatro “elementos” agua, aire, tierra y fuego puesto que la mayoría de las cosas presentaban características similares y estaban relacionadas de alguna manera con estos cuatro elementos. Empédocles sin duda influyó en el pensamiento de Aristóteles quien posteriormente vendría a tener una visión continuista de la materia.

Por esas épocas cerca de los siglos cuarto y tercero antes de nuestra era, algunos historiadores precisan, que los griegos se enfrentándose a interrogantes como ¿Qué pasaría si se tomara un trozo de madera y se partiera sucesivamente?, ¿Se llegaría a una parte, la cual ya no sería posible dividir más o por el contrario se podrá dividir en partes infinitamente? Algunos consideraban que la materia se podía dividir infinitamente, otros por el contrario pensaron en la idea de que la materia no se podría dividir infinitamente, puesto que cabe la posibilidad de que al tomar un trozo de materia y dividirlo consecutivamente se llegue a un trozo mucho más pequeño, el cual ya no se pueda dividir. A los que pensaron que la materia se podía dividir infinitamente se les denominó continuistas, y a los que siguieron la idea de que la materia no se podía dividir infinitamente se les denominó atomistas.

Los filósofos atomistas más representativos en la antigüedad fueron Leucipo (450 a. C. - 370 a. C) y su discípulo Demócrito (460 a. C. - c. 370 a. C), quienes afirmaban, en especial Demócrito que la materia está compuesta por partes muy pequeñas e invisibles, inmutables y eternas a las que denominó átomos “sin división”, los contradictores en la antigüedad de esta visión atomista de Demócrito, tuvieron bastante éxito muestra de ello es la concepción aristotélica que se mantuvo vigente por más de dos mil años, en la que Aristóteles (384 a. C.-322 a. C.) afirmaba al igual que Empédocles que la materia la componían la tierra, el aire, el agua y el fuego, además agrega un elemento más el éter. La física aristotélica tuvo gran acogida, primero porque era el gran Aristóteles el que la defendía y segundo porque no violaba los preceptos religiosos de la época.

Luego de la instauración de la física aristotélica pasaron cerca de dos mil años para que esta fuera cuestionada de manera contundente por los renacentistas de los siglos XV y XVI, sin embargo, muchos pensadores de la antigüedad y del medioevo, también habían cuestionado el Aristotelismo, pero a diferencia de los renacentistas quienes lo hicieron empíricamente, estos se basaron al igual que Aristóteles, en la deducción y la especulación. De hecho, para pensadores como Epicuro (341 a.C.- 270 a.C), quien fue algunos años (muy pocos) después que Sócrates, el atomismo era el abanderado en su doctrina junto con el hedonismo. A quien muchos años más tarde Newton vendría a hacer alusión para evitar nombrar los átomos en sus tratados.

El renacimiento originado como producto de la materialización de las ideas del humanismo que había emergido en el siglo XIV, hizo posible el proceso de transición entre lo medieval y lo moderno. Este

movimiento cultural se caracterizó por el rescate de algunas ideas olvidadas en la antigüedad, y la caída de las ideas aristotélicas vigentes en el medioevo, a manos de los hombres renacentistas. Uno de estos hombres (el más relevante) fue Galileo Galilei (1564 -1642), quien, a través de la experimentación, realiza la comprobación y verificación de algunas hipótesis de la física de Aristóteles, determinando que estas no se correspondían con las evidencias experimentales. Galileo fue uno de los primeros que dio argumentos que ponían en duda las ideas de Aristóteles, estos basados en la experimentación, sin embargo en cuanto a la existencia del “vacío”, Galileo se valía de los argumentos de Aristóteles para explicar porque sucedían algunos fenómenos, por ejemplo cuando se enfrentaba a explicar porque una bomba de succión no subía una columna de agua a más de diez metros, hacía uso del “horror vacui” frase muy usada por Aristóteles, para negar la existencia del vacío, argumentando que la naturaleza aborrece el vacío. Al problema planteado, Galileo argumenta que la columna de agua no asciende más de los diez metros debido a que la fuerza del vacío no es la suficiente, con esto queda en claro que para Galileo el vacío se manifiesta como una fuerza. Aunque Galileo no define el vacío y tiene ideas aristotélicas respecto a este, no ve imposible su existencia y genera en los científicos del renacimiento un interés por saber si existe el vacío.

La controversia sobre la inexistencia o existencia del vacío se dio entre aristotélicos y renacentistas durante los siglos XVI y XVII. El pulso sobre el vacío se fue dando en favor de los renacentistas, quienes ya empezaban a contemplar que el vacío era una realidad. En 1643 Evangelista Torricelli (1608-1647), realizó el famoso “experimento italiano”, a través del cual además de medir por primera vez la presión atmosférica, genero un espacio vacío al interior de un tubo. Posteriormente Blaise Pascal (1623-1662), influido por el experimento de Torricelli y acatando sugerencias de Descartes, decide realizar el experimento que permitió establecer que la presión varía con la altura, el cual consistió en llevar de la parte más baja de una montaña a la parte más alta un barómetro de Torricelli, y observar la altura de la columna de mercurio en él tubo. La conclusión de la experiencia de Pascal fue que en la parte inferior de la montaña la columna de mercurio en él tubo tenía una altura de 760 mm y en la cima era de 150 mm, lo cual demostraba que la presión de la atmosfera era menos en la cima de la montaña que en la parte más baja de esta.

Sin duda estas experiencias, las de Torricelli y la de Pascal, fueron claves para que el grande experimentador del siglo XVII Boyle emprendiera la ruta que le condujo a la formulación de su ley, en la cual establece la relación de proporcionalidad que hay entre la presión de un gas y su volumen, esta precisión la hace de manera cualitativa, es decir que Boyle no expresa su ley matemáticamente.

La revolución científica iniciada en el siglo XVII, en la cual se destacan por sus contribuciones algunas personalidades como Andreas Vesalius, Nicolás Copérnico, Galileo Galilei, Isaac Newton y Johannes Kepler entre otros, plantea el empirismo como la base de todo conocimiento, esto como consecuencia de estar inmersa en el naciente mecanicismo suscitado por la atmosfera generada en las épocas pos renacentista e ilustrada, en donde se hacía gala de la importancia del método científico en la experimentación.

Inmerso en el empirismo dominante de la época y al estilo renacentista John Dalton, pese a las pérdidas históricas ocasionadas durante aristotelismo, retoma las ideas atómicas de los antiguos filósofos griegos, que habían estado soslayadas más de veinte siglos por la hegemonía de la filosofía aristotélica, y las reformula para que den cuenta de las evidencias experimentales que al respecto había, valiéndose de algunos de los avances alcanzados a través de la experimentación, tales como la ley de las proporciones definidas de Proust, la ley de la conservación de la materia de Lavoisier, La ley de Boyle y las ideas corpuscularistas de Newton.

Sin embargo, pese a que el modelo atómico de Dalton propuesto en 1808, explicaba casi por completo la química del siglo XVIII y parte de la desarrollada a comienzos del siglo XIX, presento incompatibilidad con posteriores descubrimientos, eso sin resaltar el hecho de que no explicaba algunos procesos fundamentales como el enlace químico, la electrización por frotamiento y la emisión de luz de ciertos cuerpos.

Algunos de estos descubrimientos fueron principalmente el del electrón y posteriormente el de los isótopos atribuidos a Joseph John Thomson en 1897 y 1911 respectivamente, los cuales contradecían dos planteamientos de Dalton expresados en la formulación de su modelo atómico: la supuesta indivisibilidad del átomo y la homogeneidad de los átomos de un mismo elemento. Como respuesta a algunas de estas y otras irregularidades del modelo atómico de Dalton, resultó la necesidad de plantear un nuevo modelo del átomo que diera cuenta de los fenómenos que hasta entonces se evidenciaban y además que permitiera explicar los surgidos recientemente, especialmente los hallados en los análisis experimentales hechos por Thomson sobre el comportamiento de los rayos catódicos.

Fue Thomson quien propuso el nuevo modelo del átomo en 1904. Este además de explicar cualitativamente el enlace químico, la electrización por frotamiento y la emisión de luz de ciertos cuerpos, daba cuenta de los hallazgos encontrados por Thomson al observar y analizar el comportamiento de los rayos catódicos. Sin embargo, no tardó más de siete años para ser reformulado este modelo, como consecuencia de un nuevo hallazgo experimental en que se evidenció que la dispersión de partículas alfa al incidir sobre los átomos no era consistente con el modelo atómico planteado por Thomson.

Entonces fue necesario plantear nuevamente otro modelo del átomo que explicara la dispersión de las partículas alfa cuando estas inciden sobre los átomos, y además considerar en la formulación de este nuevo modelo otros hechos experimentales que hacían evidente la existencia del protón. El neozelandés Ernest Rutherford percatado de estos hechos, algunos de estos descubiertos bajo su dirección, propuso el nuevo modelo atómico en 1919, el cual explicaba por qué las partículas alfa se dispersaban de esa manera sugiriendo la existencia del protón en el núcleo del átomo, este último hecho le significó plantear hipotéticamente la existencia del neutrón (*partícula hasta entonces desconocida*) en el núcleo, como justificación de la estabilidad nuclear.

El modelo atómico de Rutherford se correspondía con la mayoría de las observaciones que se hacían de los distintos fenómenos, sin embargo, este implicó problemas y dificultades desde su formulación, tales como la inestabilidad del núcleo y del electrón, la imposibilidad de explicar los resultados obtenidos en la espectroscopia sobre la emisión y absorción de radiación electromagnética que tenía lugar en los átomos (*implicando la inestabilidad del electrón la autodestrucción del átomo*). Es importante resaltar que en este modelo ya se empieza a evidenciar en su formulación un leve desprendimiento de la parte empírica, esto como consecuencia del inicio de la revolución científica del siglo XX.

Contrario a la revolución científica del siglo XVII, la revolución científica del siglo XX no exige la demostración empírica para la formulación y verificación de hipótesis y establece principios matemáticos y metafísicos para interpretar los fenómenos observables.

En este último escenario surge la teoría cuántica iniciada en 1900 por Max Planck y terminada a mitad de la década de los veinte con las aportaciones de Erwin Schrödinger y Werner Heisenberg, también surgen las teorías especial y general de la relatividad formuladas por Albert Einstein en 1905 y 1910 respectivamente.

La teoría cuántica comenzó a jugar un papel importante en la solución de los problemas que presentaba el modelo mecánico del atómico, cuando el físico danés Niels Henrik David Bohr reformuló el modelo del átomo propuesto por Rutherford aplicando la ley de Planck-Einstein (*ley cuántica*) y estableciendo postulados al estilo de los hombres de ciencia del siglo XX. Como resultado de esto, Bohr propuso el primer modelo mecánico cuántico, el cual constituyó un gran avance en la ciencia. Aunque este modelo daba cuenta de muchos de los resultados experimentales, lo que en esencia hizo fue solucionar los problemas del modelo de Rutherford, es decir este resultó ser un modelo ad-hoc (*solamente aplicable a átomos mono eléctricos*).

No tardo mucho tiempo, para que aparecieran nuevos datos experimentales que hicieron necesaria hacer una revisión al modelo de Bohr, como resultado de esta se obtiene el modelo atómico de Bohr-Sommerfeld, (*modelo de Bohr reformulado por el físico alemán Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld*). Sin embargo, aunque el modelo de Bohr sufrió sucesivamente ajustes y retoques para explicar las diferentes evidencias experimentales que se iban originando, este seguía presentando inconvenientes originados principalmente por su carácter híbrido mecánico-cuántico. Situación que agudizaba la crisis que vivía la física a comienzos del siglo XX.

La salida a esta encrucijada se dio al reformular todos los soportes primarios de la teoría para que abarcaran de una manera global los diferentes fenómenos. Como resultado de ello se instaura la teoría cuántica, la cual no tardo en obtener su primer logro, la explicación correcta de la estructura atómica (*correcta en el sentido en que da cuenta de más fenómenos*): el modelo cuántico del átomo es un ente matemático establecido en la primera mitad del siglo pasado.

La explicación cuántica vigente de la estructura atómica, en la actualidad establece que el átomo es un objeto cuántico, es decir; es un ente que se comporta según las leyes y principios de la mecánica cuántica, esto ha significado sin duda uno de los más mayores aciertos de la inteligencia humana sucedido fulgurante dentro de los grandes logros de la teoría cuántica. Pues el átomo visto como objeto cuántico permite explicar un sin número de fenómenos, es la forma más completa que existe en la actualidad para ver y entender la construcción que el hombre ha ideado del mundo en la contemporaneidad.

2.2.2 Implicaciones de la enseñanza del átomo

En este apartado primeramente se encuentra la postura del investigador sobre las implicaciones que tiene enseñar el átomo, seguido de las posturas de algunos autores. Luego se hace un contraste entre la postura del investigador y las posturas de los autores y finalmente se concluye.

2.2.2.1 Postura del investigador

Se parte del hecho de que el concepto de átomo debe ser enseñado en la secundaria, como se mencionó en algunos de los aspectos del planteamiento del problema de esta investigación y de que las principales dificultades en su enseñanza se originan de lo que es en sí el átomo.

Pensar en enseñar el átomo requiere preguntarse por qué es la materia y cómo está constituida. Pero estas preguntas no emergen con naturalidad en las personas, a lo sumo sucede en contextos como el del presente trabajo. De manera que si se quiere enseñar el átomo es necesario el interés y la motivación para convertir la materia en objeto de estudio. Desde luego este estudio no en el plano riguroso de la ciencia, sino en el de la enseñanza de las ciencias.

El hecho de que el átomo no se pueda ver y que en general no sea accesible a nuestros sentidos dificulta su enseñanza. Superarla implica que el maestro o la maestra recurra a la creatividad y la imaginación con el cuidado de que al crear e imaginar no concrete tanto el átomo de tal manera que esto lo lleve a enseñar un concepto herrado sobre el mismo. O de llegar a hacerlo tener presente que la forma concreta del átomo que se ha imaginado y ha creado, no es más que una representación del mismo y no el átomo.

Por otra parte, enseñar el átomo implica asumir que la materia es discontinua, algo que es contrario a la experiencia, pues lo que percibimos a través de nuestros sentidos es que esta es continua. Mientras no veamos y reconozcamos que la materia es discontinua el concepto de átomo entra en contradicción con lo que nosotros pensamos y estará en nosotros coexistiendo con la idea que tenemos de que la materia es continua y en la que no hay lugar para los átomos. Pero abordar el átomo no solamente requiere pensar en la discontinuidad de la materia, también implica considerar *tamaños* que no se encuentran en nuestra experiencia. Hecho que resulta ser un obstáculo para enseñar el átomo, ya que si no se tiene la noción de tamaño de un objeto no es posible

“conocerlo”. Entonces es necesario que en la enseñanza del átomo se preste importancia a la noción de tamaño del átomo.

2.2.2.2 Postura de diversos autores

Chamizo, J. (1996). En su trabajo titulado *ENSEÑAR LO ESENCIAL ACERCA DE LO MAS PEQUEÑO*, reconoce que en la enseñanza del átomo se presentan una serie de dificultades:

“...que aprendices de profesores, así como estudiantes de bachillerato consideran que los átomos y las moléculas crecen cuando pasan de sólidos a líquidos y posteriormente a gases. También que las moléculas cambian de peso cuando cambian de fase, o que no hay espacio vacío entre las moléculas de un sólido. Estudiantes de todos los niveles piensan que las propiedades físicas de los átomos y las moléculas reflejan las propiedades macroscópicas de los mismos. Así, las moléculas de agua en un cubo de hielo son ... cúbicas; las moléculas se ponen calientes o frías respectivamente al calentar o enfriar una sustancia; las partículas de una sustancia funden cuando ésta funde [...] Los alumnos tienen así sus propias ideas sobre la materia y el profesor debe a partir de ellas permitirles que construyan representaciones más adecuadas de la realidad. Sin embargo, esto no es fácil ya que uno de los graves peligros que enfrentan los alumnos y los profesores que se encuentran en este proceso de construcción es el síndrome de la “respuesta correcta” (Driver, 1989). Es más fácil, para todos, repetir la verdad que entenderla”. (Chamizo, 1996, pág. 90)

Como se ve que en este fragmento el autor afirma que los estudiantes piensan que no hay espacio vacío entre las moléculas de un sólido. Esto se traduce en que ellos piensan que la materia es continua. Además, este autor da a entender se dificultada enseñar el átomo por ser este de tamaños que no se perciben sensorialmente. Igualmente reconoce que el estudiante tiene sus propias ideas de la materia y que conciben el átomo con las propiedades macroscópicas de los objetos.

Freyberg & Osborne (1998) en sus libro titulado *“El aprendizaje de las ciencias: implicaciones de las “ideas previas” de los alumnos”* hacen una diferenciación entre lo que ellos llaman *ciencia de los estudiantes* y *ciencia de los científicos*, donde la primera hace referencia a las ideas y formas que los estudiantes tienen para comprender el mundo antes de la instrucción y la segunda son las posturas científicas aceptadas. Al comparar estos autores estas dos ciencias encuentran tres diferencias fundamentales las cuales Velasco & Garritz, 2003, sintetizan: “1) los estudiantes más pequeños tienen dificultad con las formas de razonamiento abstracto que los científicos llevan a cabo; 2) los estudiantes sólo se interesan en explicaciones particulares para hechos específicos, y, 3) el lenguaje diario de nuestra sociedad lleva frecuentemente a los estudiantes a tener un punto de vista distinto al de los científicos” (pág. 92). Se resalta el hecho de que los estudiantes tengan dificultades con las formas de razonamiento abstracto que los científicos llevan a cabo, ya que esto implicaría que objetos de conocimientos como el átomo por su nivel de abstracción se dificulte su enseñanza.

Por otra parte Benarroch (2000) en su investigación *“El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia”* Encontró cinco niveles explicativos de los alumnos sobre la naturaleza corpuscular de la materia:

El nivel I se caracteriza por una imagen de materia continua y estática, salvo que mayoritariamente se observe lo contrario [...] el nivel II se conforma por modelos de materia que siguen siendo continuos, pero que se ven enriquecidos con elementos percibidos (burbujas, huecos, pompitas, etc.) para dar explicación a los datos empíricos [...] el nivel III constituye el primero de la evolución conceptual que implica concepciones corpusculares. En él, la materia está formada por partículas [...] en el nivel IV, además de la existencia de partículas en la materia, se considera la del vacío necesario entre las mismas; por último [...] el nivel V coincide con el contenido académico de la enseñanza de la naturaleza corpuscular. Por tanto, aquí la materia se concibe como un sistema de interacción entre partículas, moviéndose continuamente, sin nada entre ellas, sólo vacío”. (Benarroch, 2000, pág. 238)

Donde hay que resaltar que en el nivel I el autor afirma que los estudiantes tienen una imagen de materia continua y estática.

Bolívar (2007), en su investigación “*Una aproximación al estudio del átomo, desde la pedagogía de la imaginación para la escuela primaria en poblaciones vulnerables*” diseñó, aplicó, y evaluó una propuesta didáctica desde la pedagogía de la imaginación, para aproximar a los niños y niñas de quinto de primaria al estudio del átomo, concluyo que la imaginación es una “herramienta que nos posibilitaba “ver” recrear y cuestionarnos sobre una de las bases más sólidas y aceptadas por la ciencia, los invisibles átomos” y que “es necesario comprender el papel de la imaginación como elemento que orienta y permite una forma particular de ver mediante nuestras representaciones mentales.”

En esta investigación se hacen esfuerzos para llevar a los niños y niñas a concebir tamaños atómicos y a que consideren que hay cosas que existen pero que no se ven. Respecto a lo cual deriva de los datos que, algunos niños no estaban convencidos de que es posible que existan cosas que no se ven. También deduce a partir del análisis de los resultados obtenidos en una actividad que consistía en que los niños fragmentaran sucesivamente de un pedazo de papel que:

Surge una idea sorprendente y valiosa para el trabajo, y es que para ellos la idea de un límite existe y la forma más próxima sería un punto ya que para ellos es la figura que menor espacio ocupa y con la cual podrían rellenar todos los objetos. A su vez es necesario ratificar que para algunos la idea de límite no existe ya que podríamos dividir el objeto hasta no percibirlo y esto implicaría desaparecerlo, vale la pena aclarar que esto fue mencionado por ellos. (Bolívar, 2007, pág. 26)

2.2.2.3 *Contraste de posturas*

La postura del investigador concuerda con las posturas de los autores. Entre sus puntos de coincidencia se encuentran principalmente aspectos que caracterizan el átomo, como el nivel de atracción de este representa una dificultad para su enseñanza. También concuerdan en que el estudiante tiene una concepción continua de la materia. Se reconoce que hay una serie de variables que dificultan la enseñanza del átomo y hay coincidencia en ciertos aspectos.

2.2.2.4 *Conclusión*

Tiene sentido hablar que para enseñar el átomo se tenga que hablar de materia y que lo ideal sería llevar a los estudiantes a que la conviertan en su objeto de estudio y que se consideren las ideas y formas de comprender el mundo que tiene la *ciencia de los estudiantes*, como lo son la idea de continuidad de la materia, el referente macroscópico para explicar lo microscópico.

2.3 **Síntesis**

En este apartado denominado síntesis se exponen un conjunto de ideas fundamentales producto de las conceptualizaciones alcanzadas a través del abordaje teórico realizado en los campos educativo y disciplinar. Esto en concordancia al primer objetivo específico que se planteó para llevar a cabo esta investigación. Estas ideas son fundamentales porque, se constituyen en consideraciones teóricas de base para diseñar la estrategia didáctica, en propiedad de lo expresado en el tercer objetivo específico. A continuación, se listan estas ideas fundamentales, tanto las que emergieron de abordaje teórico realizado en el marco conceptual como las que emergieron del abordaje teórico planteado en el marco teórico.

- Comprensiones teóricas logradas con el abordaje teórico realizado en el marco conceptual.
 - El “conocimiento” es consecuencia de la acción de conocer, y el papel fundamental del docente en el aula es el de proveer las condiciones necesarias para que los estudiantes puedan realizar esta acción de conocer.
 - El tipo de relación que hay entre la enseñanza y el aprendizaje no es de causalidad sino ontológica. Es decir que la enseñanza ocurre independiente del aprendizaje. Eso sí, sin el concepto de aprendizaje, no habría concepto de enseñanza.

- El docente cuando se enfrenta a una situación de enseñanza, el primer paso que debe hacer, es caracterizarla estableciendo nivel escolar, edad de los estudiantes, campo de conocimiento, tipo de institución y características de los sujetos. Y a partir de esta caracterización emprender el segundo paso, la trasposición didáctica.
- Comprensiones teóricas logradas con el abordaje teórico realizado en el marco teórico.

Las principales dificultades en la enseñanza del átomo se originan de lo que es el átomo en sí:

- En enseñar el átomo implica preguntarse por qué es la materia y cómo está constituida.
- El hecho de que el átomo no se pueda ver y que en general no sea accesible a nuestros sentidos es una “verdadera” dificultad para su enseñanza.
- Enseñar el átomo implica asumir que la materia es discontinua, algo que es contrario a la experiencia, pues lo que percibimos a través de nuestros sentidos es que esta es continua.
- Abordar el átomo implica considerar tamaños que no se encuentran en nuestra experiencia. Hecho que resulta ser un obstáculo para enseñar el átomo, ya que si no se tiene la noción de tamaño de un objeto no es posible “cocerlo”.

Capítulo 3

Metodología

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utilizó para este estudio fue la investigación cualitativa, y el método que se empleó dentro de esta, fue el estudio de caso. Ya que la investigación se llevó a cabo en un escenario natural, tomando datos que emergieron del trabajo de campo, y los datos que se recolectaron fueron principalmente palabras e imágenes. Recolección en la que el investigador fue un instrumento clave. A parte de esto el análisis que se hizo de los datos fue inductivo, y los resultados de este análisis más que productos son procesos. En último lo que se estudiaron fueron casos particulares, prestando atención a las perspectivas de los participantes y el contenido de estos.

Como afirma Creswell (1994) “uno lleva a cabo una investigación cualitativa en un entorno natural donde el investigador es un instrumento de recolección de datos, el cual recoge palabras o imágenes, las analiza inductivamente, se centra en el sentido de los participantes y describe un proceso manejando un lenguaje expresivo y persuasivo” (p.13).

Esta investigación es un estudio de caso porque, se estudiaron una serie de situaciones de enseñanza que se plantearon en el aula para comprender la particularidad de cada una de estas, con el propósito de conocer cómo funcionan todos los elementos que las componían y poder relacionarlas entre ellas para formar un todo que permitiera sacar unas conclusiones generales acerca de lo que ocurre en ellas.

La pertinencia de la investigación cualitativa en el campo educativo tiene que ver con el carácter social de la educación. Ya que lo que se educan son seres humanos y no objetos. En este sentido resulta apropiado emplear la metodología de investigación cualitativa en el presente estudio, en lugar de buscar una cuantificación, puesto que lo humano no es algo que se pueda reducir a cifras. Entendiendo que:

La investigación cualitativa no es complemento de la investigación cuantitativa, ni viceversa. Ambas responden a fundamentos epistemológicos divergentes, y se asumen desde definiciones políticas irreconciliables. En la aproximación cualitativa, **las personas se respetan como seres humanos de carne y hueso**; en la aproximación cuantitativa, las personas se reducen a cifras y cosas que se suman o restan según convenga. La investigación cualitativa parte de una visión de mundo absolutamente humanista, que no permite la fragmentación de las

realidades históricas, ni la atomización de las totalidades sociales; la investigación cuantitativa, por el contrario, parte de una visión de mundo absolutamente tecnocrática, que propicia la cosificación de los hechos sociales, individualizando a las personas y provocando fracturas epistemológicas que impiden recuperar el humanismo negado. El paradigma cualitativo es, en consecuencia, de naturaleza holística, en abierto contraste con las perspectivas analíticas del paradigma cuantitativo. (Angulo, 1995, pág. 11)

Teniendo en cuenta que los datos que se obtienen en esta investigación provienen de discursos de los estudiantes y de los profesores. Es pertinente que esta se lleve a cabo desde un enfoque metodológico cualitativo, porque permite hacer uso de la narrativa. Ya que como afirman Connelly y Clandinin citados por Paz (2003):

la razón principal para el uso de la narrativa en la investigación educativa es que los seres humanos somos organismos contadores de historias, organismos que, individual y socialmente, vivimos vidas relatadas. El estudio de la narrativa, por lo tanto, es el estudio de la forma en que los seres humanos experimentamos el mundo (...) la educación es la construcción y la re-construcción de historias personales y sociales; tanto los profesores como los alumnos son contadores de historias y también personajes en las historias de los demás y en las suyas propias» (Connelly y Clandinin, 1995: 11-12).

En cuanto a los aportes de la investigación cualitativa a la educación, se encuentra que estos provienen del análisis cualitativo que este tipo de investigación hace de los procesos y relaciones educativas, con el objetivo de comprender la forma en que se construyen las relaciones sociales y culturales en el campo educativo. Estos aportes son variados, por ejemplo:

En la actualidad la investigación etnográfica brinda valiosos aportes para explicar el papel que desempeña el género en la configuración de diversas experiencias en el contexto escolar y la cotidianidad del aula, a fin de lograr una educación más igualitaria entre géneros, que contribuya a eliminar actitudes y comportamientos sexistas y discriminatorios que se transmiten culturalmente. (Cedeño, 2001, pág. 16)

Respecto a lo cual se pueden destacar, estudios relevantes acerca de: las diferencias que se establecen entre hombres y mujeres para acceder al conocimiento, las diferencias de género en cuanto a igualdad de oportunidades de educación, las diferencias de género en término de actitudes, el papel de las y los docentes en el aula entre otros (Cedeño, 2001). Siendo este un caso particular.

3.2 Descripción de la comunidad

La población con la cual se desarrolló el ejercicio investigativo, consistió en un total de 30 estudiantes del grado décimo, del aula regular y dos docentes; uno que orienta el espacio académico de química y otro que orienta el de física en la institución educativa.

Para seleccionar la población bajo estudio, en esta investigación se tuvieron en cuenta algunas características esenciales de esta, acordes con las variables que esta investigación contempla:

Homogeneidad: La población objeto de investigación la conformaron dos grupos; uno de estudiantes y otro de profesores. Respecto al conjunto de estudiantes se consideraron las siguientes características: que todos pertenecieran al mismo curso, es decir estuvieran en el mismo nivel académico, que sus diferencias de edades no superaran los dos años dentro de un rango de edad que va desde los 16 años a los 18 años, que ninguno presentara ningún tipo de diversidad funcional. Respecto al conjunto de los docentes se tuvieron presentes las siguientes características: que hubiesen abordado la temática del átomo en el aula y que su experiencia en aula fuera amplia. En donde se ha discriminado hacer una distinción de género.

Tiempo: El periodo de tiempo donde se ubica la población objeto de estudio de esta investigación es el presente. Dado que este estudio es del momento presente y la población también. Solamente existe desfase generacional entre docente y estudiantes.

Espacio: La población en la cual se llevó esta investigación pertenece al Colegio Morisco Institución Educativa Distrital, ubicada en la ciudad de Bogotá- localidad de Engativá.

Cantidad: El número total de estudiantes seleccionados fue de treinta y el de los docentes fue de dos. Del conjunto de los estudiantes se seleccionó una muestra aleatoria de quince estudiantes para llevar a cabo la fase de reconocimiento de aula de este estudio.

Con base en la observación del contexto socio-cultural en el que se encuentra inmersa la institución educativa, se evidenció que el mismo, está bien diferenciado; los alrededores del colegio son habitados por personas, en su mayoría dedicadas al comercio, con un número significativo de ellas que contribuye a la mano de obra de empresas que operan en la ciudad.

3.3 Fases de recolección de la información

La recolección de la información relevante para esta investigación se llevó a cabo a través de tres fases fundamentales. La primera fase fue el abordaje teórico durante el cual se elaboró el marco referencial de esta investigación, el cual lo integran el marco conceptual, el marco teórico y una síntesis de estos dos marcos donde se exponen las comprensiones teóricas alcanzadas en el abordaje teórico llevado a cabo durante el proceso de construcción y elaboración del marco referencial.

La segunda fase consistió en un *reconocimiento del aula*, el cual se llevó a cabo en dos momentos, en el primer momento la atención se centró en el docente como fuente de información y se indagó acerca de cómo el docente de física y el docente de química de la institución consideran el átomo y las estrategias de enseñanza que ellos utilizan para enseñar este concepto. Para esto se realizó una entrevista libre a los docentes mencionados. Por otra parte, en el segundo momento de esta fase, la atención se centró en los estudiantes como fuente de información, en este momento se indagó sobre las explicaciones iniciales que los estudiantes tienen sobre el átomo. Para esto se elaboró y aplicó a los estudiantes un taller escrito sobre el átomo.

La tercera fase de recolección de la información fue la implementación de la estrategia didáctica en esta al igual que en las anteriores se obtuvieron datos de gran valor para esta investigación. A continuación, se expone en detalle lo que se planteó y se desarrolló en cada una de estas fases.

3.3.1 Fase de abordaje teórico

Esta fase se llevó a cabo durante la construcción del marco referencial.

3.3.2 Fase de reconocimiento de aula

La fase de reconocimiento del aula tuvo por objetivo explorar algunas de las consideraciones del docente de física y el docente de química de la institución frente a lo qué es el átomo y lo que implica su enseñanza; así como las explicaciones iniciales de los estudiantes frente a la estructura de la materia. Para esto se propusieron algunas preguntas exploratorias a los dos docentes de física de la institución y a una muestra de quince estudiantes de grado décimo de la misma. A los dos docentes se les formularon las preguntas exploratorias a través de una entrevista libre y a los estudiantes se les plantearon preguntas exploratorias diferentes a través de un taller. En la siguiente tabla se resume el planteamiento en esta fase.

Tabla 1

<p>Resumen de la propuesta para el “reconocimiento” del estado conceptual inicial de los estudiantes respecto a la estructura de la materia y de las experiencias que utiliza el docente de física y el docente de química de la institución cuando enseñan el átomo.</p>
--

Ejes temáticos	Acciones del maestro investigador	Actividad	Propósito
Perspectivas de los docentes frente a la enseñanza del átomo.	1. Entrevistar a los dos docentes de física de la institución.	Se les formulará a los dos docentes de física de la institución las preguntas: ¿qué es el átomo? y ¿qué estrategias para enseñar el átomo utiliza del utiliza en el aula?	Conocer cómo el docente de física considera el átomo y las estrategias de enseñanza que utiliza para enseñar este concepto.
Explicaciones iniciales de los estudiantes	1. Diseñar y aplicar un taller.	Se aplicará un taller sobre la estructura de la materia, a una muestra de quince estudiantes del grado decimo.	Recoger información sobre las explicaciones iniciales que los estudiantes tiene sobre el átomo.

3.3.3 Fase de la estrategia didáctica

3.3.3.1 Introducción

La presente estrategia didáctica se diseñó con el propósito de proponer y corroborar criterios didácticos involucrados en la enseñanza del átomo con estudiantes de grado décimo del colegio Morisco I.E.D. Se tomó como referencia para su diseño, las comprensiones teóricas alcanzadas en los marcos conceptual y teórico, las cuales se han resumido en el apartado denominado síntesis, de ese documento, y los resultados obtenidos del análisis de lo indagado en la fase de reconocimiento del aula. En otras palabras, la estrategia didáctica fue planificada teniendo en cuenta los hallazgos obtenidos en la fase de abordaje teórico y la fase de reconocimiento de aula.

Entonces una vez alcanzadas las comprensiones teóricas producto del abordaje teórico realizado en el marco conceptual y el marco teórico de la presente investigación; e identificadas algunas de las explicaciones del docente de física y el docente de química sobre lo que es el átomo y lo que implica su enseñanza; y reconocidas algunas de las explicaciones de los estudiantes frente a la estructura de materia, se diseñó una estrategia didáctica que aborda cinco ejes temáticos que se consideran relevantes para introducir a los estudiantes al estudio del átomo. El orden de presentación de los ejes en la estrategia didáctica busca superar algunos de los obstáculos que normalmente acompañan la enseñanza y aprendizaje de este tema.

3.3.3.2 La estrategia didáctica

Esta estrategia la conformaron cinco ejes temáticos y se implementó con a un grupo de 30 estudiantes de grado decimo del colegio Morisco. Lo que se planteó en cada uno de estos ejes se presenta a continuación en na serie de tablas. Cada una de estas tablas tiene tres columnas encabezadas por los títulos situaciones problema, acciones del maestro, y acciones del estudiante. Además, se especifica el tópico que se aborda en cada eje y el propósito de las acciones del docente y las acciones del estudiante en su conjunto respecto a la situación planteada.

En la columna titulada, *situaciones problema* se hace una descripción de las diferentes situaciones que se presentaron a los estudiantes; en la columna titulada *acciones del maestro*, se hace la descripción de las acciones que el maestro llevó a cabo para presentar a los estudiantes las distintas situaciones y hacer posible

que ellos llevarán a cabo las acciones correspondientes frente a las mismas y en la columna titulada las *acciones del estudiante* se describen lo que realizara el estudiante frente las situaciones planteadas.

Todas las actividades que se describen en la columna *situaciones problema*, se plantearon a los estudiantes en dos momentos un antes y un después, y de acuerdo a cada momento el docente intervino para formular preguntas a los estudiantes que lo orientaran para que el llevara a cabo su acción de conocer.

A continuación, se presenta la estrategia didáctica, junto con una breve descripción de cada uno de los ejes temáticos que la componen. El orden en el que se presentan estos ejes, corresponde al orden en que fueron abordados en la implementación de la estrategia a estrategia.

Primer eje temático: La idea de “materia”

Tópico generador: La materia

Propósito: movilizar a los estudiantes preguntarse por la materia: ¿Qué es? y ¿De qué está hecha?

Como se expresó en los párrafos iniciales de este documento la pregunta por qué es la materia y cómo está constituida no emerge con naturalidad en las personas; formularse preguntas en este campo desde la perspectiva de la enseñanza implica disponer situaciones didácticas que focalicen la atención de los estudiantes en el estudio de la materia; por esta razón se decidió proponer dos situaciones polémicas para movilizar a los estudiantes a preguntarse por la materia: ¿Qué es? y ¿De qué está hecha?. En la tabla 2 se hacen explícitas las acciones del maestro y las acciones de los estudiantes respecto a las situaciones problema propuestas.

Tabla 2

Situaciones problema	Acciones del maestro	Acciones del estudiante
Antes: Una fábrica de ropa impermeable ha evidenciado que, en invierno entre más impermeables sean las prendas, mayor demanda tienen. Teniendo en cuenta esto la fábrica se propone construir un material para diseñar la ropa lo más impermeable posible	1) Plantear la situación a los estudiantes (mostrarles que al echarle agua a un chaleco impermeable el agua no lo traspasa). 2) Interrogar a los estudiantes: ¿Cómo podría la fábrica construir ese material?, ¿Qué funciones cumpliría ese material?, ¿Qué diferencias debe tener este material, respecto a otros como la espuma, el papel, la lana...?	Observar: la situación en sus dos momentos.
		Predecir: Como podría la fábrica construir ese material y que funciones diferentes a las de otros objetos cumplirá.
Después: Se observa en un video una prenda de ropa altamente impermeable siendo mojada sin pasar el agua a través de ella.	3) Interrogar a los estudiantes: ¿Cómo podría explicar usted esto? ¿Qué preguntas tiene al respecto? Por ejemplo ¿porque las diferencias de ese material, respecto a otros como el papel, que si puede ser traspasado por el agua.?	Verificar: las funciones diferentes que cumpliría ese material respecto a otros.
		Explicar: porque las diferencias de ese material, respecto a otros como el papel, que si puede ser traspasado por el agua.
Antes: Se disponen dos vidrios, uno sin blindaje y otro blindado. Se observa que el virio sin blindaje es impactado por un proyectil, rompiéndose este en pedazos. (los estudiantes ignoran	1) Plantear la situación a los estudiantes. (Mostrarles un video donde se observe lo descrito).	Observar: la situación en sus dos momentos antes y después. Predecir: que sucederá con el otro vidrio

que uno de los vidrios es blindado).	2) Cuestionar a los estudiantes: ¿se romperá o no se romperá el vidrio que aún no ha sido impactado?	
Después: Seguidamente se observa que el vidrio blindado también es impactado por un proyectil del mismo tipo y en las mismas condiciones que el impacto sobre el vidrio sin blindaje.	3) Cuestionar a los estudiantes: ¿por qué un vidrio se rompe y el otro no?, ¿Qué es lo que hace que el vidrio soporte tanta fuerza sin romperse?	Verificar: Si lo que predijo fue un acierto o no lo fue. Explicar: Porque un vidrio se rompe y el otro no. Que es lo que hace el vidrio soporte tanta fuerza sin romperse.

Segundo eje temático: Los modelos para la ciencia.

Tópico generador: el concepto de modelo científico.

Propósito: aproximar a la a los estudiantes a la construcción del concepto de modelo científico.

Como se hizo alusión en el análisis de la *fase de reconocimiento de aula*, es usual la tendencia en maestros y estudiantes de ciencias a asumir el modelo como una copia “exacta” del fenómeno o de la entidad que se esté estudiando y no como una representación de este. En este sentido es necesario que se propongan situaciones a los estudiantes a través de la cuales ellos caigan en cuenta que los modelos de la ciencia son una interpretación de la “realidad” y no una copia o réplica de la misma.

Tabla 3

Situaciones problema	Acciones del maestro	Acciones del estudiante
Antes: Al interior de una caja sellada se encuentran algunos objetos. Los estudiantes deberán tratar de descifrar que se encuentra al interior de la caja. Con la condición de no romperla ni abrirla.	1) Plantear a los estudiantes la situación. 2) Cuestionar a los estudiantes: ¿Cuáles cree que son los objetos que hay en el interior de la caja?, ¿Se podría saber con seguridad cuáles son los objetos que hay en la caja si esta no se puede abrir? ¿Podría usted hacer una un dibujo de esos objetos que cree usted hay en el interior de la caja? ¿Por qué?	Observar: la situación en sus dos momentos antes y después. Predicir: cuáles son los objetos que se encuentran al interior de la caja y realizar un dibujo de cada uno de ellos.
Después: Los estudiantes abren la caja y observan los objetos que había en ella.	3) Interrogar a los estudiantes: los dibujos que usted hizo sobre los objetos que hay en la caja ¿Son los objetos en realidad?, ¿Que podría usted explicar o justificar con ellos, es decir que razones lo llevaron a realizar esos dibujos? ¿Que lo lleva a pensar que son esos objetos los que hay dentro de la caja?	Verificar: si los objetos que hay en la caja son los que el predijo. Explicar: el cómo y el porqué de sus aciertos y desaciertos frente a su predicción de o que había en la caja.
Antes: Los estudiantes estando con los ojos vendados trataran de identificar tres objetos diferentes empleando los sentidos del oído y el tacto.	1) ¿Cuáles cree que son los objetos que escucho caer al piso?	Observar: la situación. Predicir: cuales son los objetos que escucho caer y palpo.

<p>Después: los estudiantes sin los ojos vendados observaran esos mismos objetos.</p>	<p>2) Interrogar a los estudiantes: los dibujos que realizo sobre los tres cuerpos ¿Que son para usted?, a) los cuerpos reales. b) Los cuerpos que usted a partir de lo que palpo y escucho dedujo o son un simplemente un dibujo de lo que usted interpreto producto de escuchar y sentir? ¿está usted de acuerdo con que el dibujo los dibujos que realizo son de cosas que no vio y desconoce?, ¿Por qué?</p>	<p>Verificar: si los objetos que el escucho caer y palpo son efectivamente los objetos “reales”. Explicar: el cómo y el porqué de sus aciertos y desaciertos frente a su predicción.</p>
--	---	---

Tercer eje temático: la idea de la discontinuidad de la materia.

Tópico generador: La discontinuidad de la materia.

Propósito: aproximar a una concepción discontinua de la materia.

Del análisis de las conceptualizaciones alcanzadas en la fase de abordaje teórico y de los resultados obtenidos del análisis de lo indagado en la fase de reconocimiento de aula se considerará que: enseñar el átomo implica asumir que la materia es discontinua, algo que es contrario a la experiencia, pues lo que percibimos a través de nuestros sentidos es que esta es continua. Que el docente tenga presente esta idea significa que él en su estrategia didáctica muestre esfuerzos orientados a aproximar los estudiantes a la idea de discontinuidad de la materia de forma vivencial y no axiomática.

Tabla 4

Situaciones problema	Acciones del maestro	Actividades del estudiante
<p>Antes: Se observan 30 cm³ de alcohol en una probeta y otros 30 cm³ de agua en otra probeta.</p>	<p>1) Presentar a los estudiantes una disolución de agua con alcohol. 2) Interrogar a los estudiantes: ¿Al revolver el agua con el alcohol, como será el volumen total volumen?</p>	<p>Observar: la situación, antes durante y después de hecha la solución. Predecir: Cual será el volumen total de la disolución.</p>
<p>Después: se agregan los treinta (30 cm³) de alcohol a los treinta (30 cm³) de agua, formando una disolución, en la que el volumen total de la solución es menor a la suma de los dos volúmenes de las dos sustancias antes de juntarse.</p>	<p>3) Interrogar a los estudiantes: ¿Por qué al mezclar el agua con el alcohol el volumen total se redujo?, ¿Dónde se metió el resto de la sustancia?</p>	<p>Verificar: si el volumen de la solución es igual a como lo predijo. Explicar: Porque el volumen total de la disolución es menor a la suma del volumen del agua más el volumen del alcohol.</p>
<p>Antes: Se observan 1000 cm³ de gravilla en un recipiente transparente y otros 1000 cm³ sal en otro recipiente también transparente.</p>	<p>Preguntar: ¿Al revolver la gravilla con la sal cómo será el volumen total? a) Igual a la suma del volumen de la gravilla más el volumen de la sal. b) Menor a la suma del volumen de la gravilla más el volumen de la sal. b) Mayor a la suma del volumen de la gravilla más el volumen de la sal. ¿Por qué?</p>	<p>Observar: la situación en general. Predecir: cuál será el volumen total de la mezcla.</p>

<p>Después: se agregan los 1000 cm³ de sal al recipiente que contiene los 1000 cm³, formando una mezcla, en la que el volumen total de la solución es menor a la suma de los dos volúmenes de las dos sustancias antes de juntarse.</p>	<p>Plantear a los estudiantes: Utilice lo que sucedió con el volumen total de la mezcla de gravilla y la sal, para explicar lo ocurrido con la reducción del de volumen en la evidenciada en la actividad anterior, donde juntaos alcohol con agua.</p>	<p>Verificar: el volumen total de la mezcla.</p> <p>Explicar: Porque el volumen total de la mezcla es menor a la suma del volumen de gravilla más el volumen sal.</p>
<p>Antes: Se observan tres objetos un corcho, una letra impresa en un papel y un billete.</p>	<p>1) Proponer a los estudiantes que observen tres objetos sin la lupa, el microscopio y el estereoscopio.</p> <p>2) Preguntarles: ¿Cómo ve los objetos, continuos o discontinuos?</p>	<p>Observar: los tres objetos antes, inspecciones con la vista y con el tacto.</p> <p>Prededir: cómo se verán los tres objetos a través de la lupa, el microscopio y el estereoscopio.</p>
<p>Después: los estudiantes miran los cada uno de los objetos a través con la lupa, luego con el microscopio y finalmente con el estereoscopio.</p>	<p>3) Proponer a los estudiantes: Observar los objetos con los instrumentos.</p> <p>4) Preguntar a los estudiantes: ¿cómo ve los objetos, continuos o discontinuos?.</p>	<p>Verificar: si el corcho se ve a través del microscopio tal como se había predicho.</p> <p>Explicar: el cómo y el porqué de sus aciertos y desaciertos.</p>
<p>Antes: se observan tres hojas blancas tres hojas blancas.</p>	<p>1) preguntar a los estudiantes ¿Cómo ven la hojas continuas o discontinuas?</p>	<p>Observar: la situación en sus momentos antes y después.</p> <p>Prededir: En Cual de las hojas se verá más continua la pintura.</p>
<p>Después: se hace una sola descarga de colorantes con el atomizador a una de las hojas, dos descargas a otra de las hojas y tres descargas a la tercera hoja.</p>	<p>1) preguntar a los estudiantes ¿Cómo ven la hojas continuas o discontinuas?</p>	<p>Verificar: en cuál es la hoja que la pintura se ve más continua y en cuál es la que se ve menos continua.</p> <p>Explicar: por qué se ve más continua la pintura en unas hojas que en las otras y como se podría ver en las hojas la pintura igual de continua que como se ve en el atomizador.</p>
<p>Antes: Se observa el agua líquida y continua que hay dentro de un atomizador de recipiente transparente.</p>	<p>1) Proponer a los estudiantes que hagan descargas de agua sobre un rayo de luz, con un atomizador.</p> <p>2) Preguntar a los estudiantes: Cómo ven el agua en el interior del atomizador: continua o discontinua?, ¿es en realidad esta así?</p>	<p>Observar: la situación en sus momentos antes y después</p> <p>Prededir: como se verá el aguan cuanto pase a través del rayo luminoso.</p>
<p>Después: Se hacen descargas con el atomizador sobre el rayo de luz</p>	<p>Preguntar a los estudiantes: ¿Cómo ven el agua que sale del atomizador: continua o discontinua?, ¿es en realidad esta así?</p>	<p>Verificar: Su predicción.</p> <p>Explicar: Porque el agua cuando está dentro del atomizador se ve continua y al salir del atomizador se ve discontinua.</p>

y se ven muchas esporas, el agua ahora no se ve continua.		
---	--	--

Cuarto eje temático: El modelo corpuscular de la materia.

Tópico generador: El modelo corpuscular de la materia.

Propósito: Aproximar a los estudiantes al concepto de modelo corpuscular de la materia.

Una vez se han convertido en objeto de estudio la materia, se han aproximado al concepto de modelo para la ciencia, han pensado en la idea de que la materia es discontinua, es oportuno plantéales el modelo corpuscular de la materia.

Tabla 5

Situación polémica	Acciones del maestro	Actividad del estudiante
<p>Antes: Se observa una foto tamaño al 100%.</p> <p>Después: Se amplía la foto a un tamaño del 1000% y se observa discontinua. Se aprecian cada uno de sus pixeles que la conformar.</p>	<p>1) Mostrar a los estudiantes el zoom de una foto.</p> <p>2) Interrogar a los estudiantes: ¿Cuándo la imagen se ve continua y cuando se ve discontinua? ¿Cuál es la unidad que conforma la imagen? ¿Por qué cree que no vio esa unidad que conforma la imagen antes de aumentarla?</p>	<p>Observar: La foto antes de aumentarse y después de aumentada.</p> <p>Predecir: como se verá la foto continua o discontinua después de ser aumentada.</p> <p>Verificar: si la foto se ve continua o discontinua luego del aumentarla.</p> <p>Explicar: Porque la foto se ve continúa y al aumentarla se ve discontinua.</p>
<p>Antes: Se observa desde una distancia de 50m un cartón constituido de pequeñas bolitas de plastilina muy contiguas unas a las otras.</p>	<p>1) Preguntar a los estudiantes: ¿ el objeto es continuo o discontinuo?</p>	<p>Observar: la situación antes y después.</p> <p>- La imagen del cartón observado a 100 m, ¿se verá continua o discontinua?</p> <p>- La estructura del cartón ¿es continua o discontinua?</p> <p>- ¿Cuál es la unidad que constituye el cartón?</p>
<p>Después: Se observa desde una distancia de 1m el mismo cartón constituido de pequeñas bolitas de plastilina muy contiguas unas a las otras.</p>	<p>2) Preguntar a los estudiantes: ¿ el objeto es continuo o discontinuo?</p>	
	<p>3. Proponer a los estudiantes que imaginen un trozo de materia visto por un microscopio del futuro.</p>	<p>- ¿Qué supones que verías?</p> <p>La materia ¿es continua o discontinua? ¿por qué?</p> <p>-Si a la unidad que constituye la materia, la llamáramos ellos lo llamen ¿qué</p>

		<p>supones que habrá entre átomo y átomo?</p> <p>-Elabore un dibujo que represente el átomo?</p> <p>- ¿qué tiene en común este dibujo del átomo con los dibujos de la caja negra y los objetos que caían al suelo, realizados en actividades anteriores?</p>
--	--	--

Quinto eje temático: la noción de tamaño.

Tópico generador: la noción de tamaño.

Propósito: Aproximar a los estudiantes a pensar en el tamaño de los átomos.

En las conceptualizaciones alcanzadas en la fase de abordaje teórico y en los resultados obtenidos del análisis de lo indagado en la fase de reconocimiento de aula, se expresó que enseñar el átomo implica considerar tamaños que no se encuentran en nuestra experiencia. Hecho que resulta ser un obstáculo para enseñarlo, ya que si no se tiene la noción de tamaño de un objeto no resulta sencillo “conocerlo”. En este sentido en cuanto a la enseñanza es fundamental el papel de la imaginación del estudiante, por esta razón las situaciones que se planteen a los estudiantes con el propósito de aproximarlos a la noción del tamaño de los átomos en lo posible deben procurar que los estudiantes hagan uso de su imaginación.

Tabla 5

Situación polémica	Acciones del maestro	Actividad del estudiante
Se observa un video en donde hacen un zoom desde las cosas más pequeñas hasta las más grandes	Mostrar un video a los estudiantes en donde se haga un zoom desde las cosas más pequeñas hasta las más grandes.	¿Qué preguntas le surgieron a partir del video?

Capítulo 4

Análisis de datos e interpretación de resultados.

Este capítulo tiene como propósito mostrar los datos más relevantes que se obtuvieron en las tres fases de recolección de la información que tuvieron lugar; así mismo también exponer un análisis e interpretación de estos datos; estos procesos se realizan en función de la intencionalidad fundamental de esta investigación, que es proponer criterios didácticos para la enseñanza del átomo.

Es importante manifestar que: del abordaje teórico consignado en el marco referencial de esta investigación, de la indagación realizada a los profesores y los estudiantes y de la implementación de la estrategia didáctica emergieron un conjunto de datos de gran valor, pero que para efectos de esta investigación no se consideraron relevantes. Es decir que, para obtener el conjunto de los datos que acá se analiza se hizo una depuración de todos aquellos que no eran significativos frente a el objetivo general. Sin embargo, en documentos anexos se muestra un registro detallado de la información que fue recolectada en las tres fases de recolección de la información descritas en el capítulo de metodología de este documento, con excepción de la fase de abordaje teórico, ya que esta se explicita en este mismo documento. El análisis de los datos se hace sobre cada una de las fases realizadas durante la investigación;

4.1 Análisis de datos e interpretación de los resultados de la fase de abordaje teórico

El análisis de estas comprensiones teóricas logradas se hará en función del diseño de la estrategia; la intención aquí es aclarar la funcionalidad y relevancia que estas comprensiones teóricas tuvieron para la construcción de la estrategia didáctica que se llevó al aula.

La primera idea fundamental producto de las conceptualizaciones alcanzadas a través del abordaje teórico realizado en el marco conceptual fue:

- *El “conocimiento” es una consecuencia de la acción de conocer, y el papel fundamental del docente en el aula es intentar proveer las condiciones necesarias para que los estudiantes puedan realizar esta acción de conocer.*

Esta idea expone primero que el conocimiento es la consecuencia de una acción y segundo que el docente es el encargado de intentar proveer las condiciones necesarias para que los estudiantes puedan realizar esta acción. Entendiendo estas dos partes desde el contexto del aula, es posible derivar que el estudiante debe ser activo frente a la construcción de su conocimiento. Activo porque es él quien realiza la acción de conocer. También se deduce que el docente solamente contribuye al proceso de construcción de conocimiento del estudiante a través la acomodación que el realiza de los elementos externos a la mente del estudiante. Acomodación que la logra cuando plantea situaciones que desequilibran cognitivamente al estudiante.

Entonces desde esta perspectiva, una estrategia pensada para enseñar un concepto como por ejemplo el átomo, respecto al cual se espera que el estudiante construya su propio conocimiento requiere de un docente que plantee situaciones al estudiante de tal manera que estas sean para él vivencias y terminen siendo parte de su experiencia.

La segunda idea fundamental producto de las conceptualizaciones alcanzadas a través del abordaje teórico realizado en el marco conceptual fue:

- *El tipo de relación que hay entre la enseñanza y el aprendizaje no es de causalidad sino ontológica. Es decir que la enseñanza ocurre independiente del aprendizaje. Eso sí, sin el concepto de aprendizaje, no habría concepto de enseñanza.*

De acuerdo con esta idea, la estrategia didáctica que se diseñe podrá centrarse solamente en el cómo enseñar, sin hacer alusión al aprendizaje. Teniendo en cuenta que esta idea se derivó de lo considerado frente al concepto de enseñanza en el marco conceptual de esta investigación. En el que se asume a la enseñanza como una acción del maestro y al aprendizaje como un proceso del estudiante. En donde tanto la acción y el proceso ocurren de manera independiente.

La tercera idea fundamental producto de las conceptualizaciones alcanzadas a través del abordaje teórico realizado en el marco conceptual fue:

- *Cuando el docente esta frente a una situación de enseñanza, el primer paso que hace, es caracterizarla estableciendo nivel escolar, edad de los estudiantes, campo de conocimiento, tipo de institución y características de los sujetos¹. Y a partir de esta caracterización emprender el segundo paso, realizar la trasposición didáctica.*

De acuerdo con esta idea antes de diseñar la estrategia didáctica se sugiere caracterizar la situación de enseñanza, es decir hay que definir el nivel escolar, edad de los estudiantes, campo de conocimiento, tipo de

¹ Entendemos sujeto como atado a un contexto educativo.

institución y características de los sujetos, esto en función de la enseñanza ya que lo que se diseñará es una estrategia didáctica; entendiendo por didáctica lo que se expresó en el marco conceptual.

A continuación, se analizarán las comprensiones teóricas alcanzadas en el marco teórico. La conclusión más relevante de todo el abordaje desarrollado en el marco teórico es que las principales dificultades en la enseñanza del átomo se originan de lo que es el átomo en sí. Esta idea general la sustentan las siguientes ideas:

La primera de estas ideas es que *“enseñar el átomo implica primeramente preguntarse por qué es la materia y cómo está constituida”*. Esta idea involucra que el maestro reflexione acerca de lo que es la materia y de cómo está constituida. De tal manera que en la estrategia didáctica que el diseño a partir de su reflexión favorezca que los estudiantes conviertan en objeto de estudio la materia, es decir lograr focalizar su interés sobre algo que de manera natural quizás no emerja.

Una vez la materia se haya constituido en objeto de estudio del maestro y de los estudiantes, el maestro debe pensar en la segunda idea fundamental que es el *“hecho de que el átomo no se pueda ver y que en general no sea accesible a nuestros sentidos, es una “verdadera” dificultad para su enseñanza”*. Pensar en esta idea implica para el maestro hacer una reflexión, no solamente desde la física sino también desde la filosofía, acerca de cómo la ciencia ha dado cuenta del átomo y asume una postura crítica al respecto. De manera que en su estrategia didáctica haga énfasis a los estudiantes en que es un modelo para la ciencia, como esta los prolifera y como los construye. Esto en función de lo que es el modelo del átomo en general.

Una vez que los estudiantes se hayan aproximado a una idea propia sobre lo que son los modelos para la ciencia. Ahora es necesario tener en cuenta que *“enseñar el átomo implica asumir que la materia es discontinua, algo que es contrario a la experiencia, pues lo que percibimos a través de nuestros sentidos es que esta es continua”*. Que el docente tenga presente esta idea significa que él en su estrategia didáctica muestre esfuerzos orientados a aproximar los estudiantes a la idea de discontinuidad de la materia de forma vivencial y no axiomática.

Cuando posiblemente el estudiante ya se haya aproximado a concebir la idea de que la materia es discontinua, es apropiado abordar el concepto de átomo ligado al concepto de modelo corpuscular de la materia. Entonces se sugiere que el docente plantee en su estrategia didáctica situaciones al estudiante para que él construya su conocimiento frente a lo que es el átomo. Es relevante que todas estas situaciones que se le planteen al estudiante para aproximarle al concepto de átomo, estén relacionadas con las situaciones planteadas anteriormente cuando se abordó el concepto de modelo científico y la idea de la discontinuidad de la materia. Esto, procurando que los estudiantes relacionen el nuevo conocimiento que ellos construyen sobre el átomo, con las construcciones que al respecto ya ellos tienen elaboradas, producto de las situaciones anteriormente planteadas.

Por último, el docente podría considerar que *“abordar el átomo implica considerar tamaños que no se encuentran en nuestra experiencia. Hecho que resulta ser un obstáculo para enseñarlo, ya que si no se tiene la noción de tamaño de un objeto no resulta sencillo “conocerlo”*. En este sentido en cuanto a enseñanza es fundamental el papel de la imaginación del estudiante. Entonces las actividades que se planteen a los estudiantes con el propósito de que ellos consideren tamaños que no se encuentran en su experiencia sensorial, deben conducir a la imaginación por parte de ellos de dichos tamaños.

A manera de aclaración se reconoce que el alcance de la estrategia didáctica a nivel disciplinar es aproximar a los estudiantes al concepto del átomo desde el modelo corpuscular estático de la materia, pero no alcanza a abarcar el modelo corpuscular dinámico de la materia. Sin embargo, estos criterios se pueden extender para abordarlo.

4.2 Análisis de datos e interpretación de resultados fase reconocimiento de aula

Como se mencionó en el capítulo de metodología la fase de recolección de información denominada reconocimiento de aula se desarrolló en dos momentos: en un primer momento se entrevistaron los profesores de química y física de la institución educativa; en un segundo momento se realizó un taller para recoger explicaciones iniciales de los estudiantes del grado décimo sobre el átomo. A continuación, se hace el análisis de los datos y la interpretación de resultados para cada uno de estos momentos

4.2.1 Primer momento: indagación a los docentes acerca del átomo y su enseñanza, a través de una entrevista abierta.

Los discursos de los docentes emergen de una experiencia de más de diez años que llevan ellos tiene en las aulas de la educación media. Lo cual hace que la información que suministran a esta investigación se considere de primera mano y sea relevante.

Hallazgos

Aunque inicialmente la intención de la entrevista realizada al docente de química y al docente de física, era obtener información acerca de cómo ellos consideraban el átomo y las estrategias de enseñanza que utilizaban para enseñar este concepto, y en últimas analizar lo que ellos expresaran al respecto para encontrar elementos que ayudaran a la estructuración y elaboración una estrategia didáctica que permitiera proponer criterios didácticos sobre la enseñanza del átomo, se debió tener en cuenta en este análisis además otros aspectos debido a la riqueza que se encontró en los discursos de los dos profesores entrevistados en relación al problema que se planteó esta investigación, la dificultad en la enseñanza del átomo.

Los dos docentes en sus discursos coinciden en algunos aspectos sobre la dificultad en la enseñanza del átomo. En el primer punto que convergen sus discursos es en que el átomo es un concepto difícil de enseñar, e incluso lo verbalizan en comentarios como *“Pero no es fácil el concepto, no es fácil y yo creo que a veces los educadores evitamos muchas veces centrarnos tanto en la explicación del tema porque divagamos, divagamos y le damos vueltas al concepto y los chicos van a quedar siempre sin entender nada.* [Entrevistador: ¿A qué cree que se deba esto?] *Pues yo pienso primero porque es muy complejo hablar del concepto de átomo”.*

El segundo punto en que concuerdan, es que una de las causas por las cuales el átomo es difícil de enseñar es el cambio constante que este concepto ha tenido. Se interpreta que esta apreciación los docentes la hacen desde la experiencia que han tenido en el aula cuando abordan con sus estudiantes los diferentes modelos del átomo; es decir la presencia de tantos modelos a lo largo de la historia, lo cual genera confusión frente a cuál es el modelo que se precisa correcto para la ciencia.

Esto se puede inferir en fragmentos de sus discursos como el siguiente: *“En lo científico pienso que cada día que avanzamos más en la ciencia cambiamos un poquitico el concepto que tenemos, y lo digo por los que hemos tenido la facilidad de acceder a lo científico que cada día cambian nuestros círculos y eso hace que para los estudiantes sea un poquitico más difícil entender el átomo, por ejemplo, porque son cosas que han ido evolucionando obviamente”.*

Este planteamiento de un concepto de átomo cambiante evoca cuestionarse acerca de cuál sería el concepto de átomo que el estudiante debería aprender o construir y como el concepto que tiene el docente del átomo afecta la enseñanza del mismo.

Para un docente es pertinente hacerse este tipo de cuestionamientos, pues además de ayudar a orientar la enseñanza de las ciencias, aquí particularmente le permite enseñar el concepto de átomo, definir precisamente que concepto de átomo enseñar y evaluar los requerimientos que demanda enseñar este concepto. De tal manera que a la luz de esta evaluación y pensando en los estudiantes, él reconsidere su concepto de átomo, si lo amerita y lo reformule dentro del marco de la teoría científica, para su enseñanza. Se argumenta esto en relación a que se encontró que los dos docentes entrevistados tienen un concepto distinto del átomo. Esto es coherente si se acepta que los conceptos son construcciones de cada sujeto. Además, también se encontró que el concepto de átomo que ellos enseñan está en función de lo que ellos conciben como átomo.

Mientras que el Docente 1 piensa del átomo: *“Para mí el átomo es una representación, lo considero que no es tangible. Primero mi imaginario, mi representación de átomo o lo que yo comprendo de átomo, es que es un imaginario, es un supuesto sobre el cual se puede montar toda una estructura para responder a ciertas condiciones que ocurren en la naturaleza. Es algo que nosotros realmente no estudiamos, nosotros lo que hacemos es estudiar sus huellas, le seguimos el rastro, pero no lo observamos como tal es más un supuesto imaginario, es un imaginario.* El Docente 2 piensa: *“Conociendo el comportamiento de la materia, pero sabiendo que por lo menos en el medio en el que yo me desenvuelvo yo no lo puedo ver y que podemos acercarnos a él solo por los indicios que se nos da, no por que algún día podamos tenerlo frente a frente. Claro debe existir el átomo, pienso que todo el trabajo que ha hecho la humanidad entorno a eso no puede ser en vano...es algo que no se puede ver pero que existe”*

Se interpreta de estas dos apreciaciones que el Docente 1 asume el átomo más como una entidad teórica y el Docente 2 lo concibe como una entidad física, es decir algo tangible pero que no existe la posibilidad de ver.

Un argumento alternativo para esto es que es normal que los dos docentes entrevistados enseñen un concepto del átomo distinto ya que uno concibe el átomo desde la física y el otro desde la química. Sin embargo, como se asumió en el marco referencial de esta investigación, el átomo es uno solo. Es decir, el átomo del que habla la física debe ser el mismo del que habla la química. De no ser así los estudiantes aprenderían un átomo en física y otro en química, cosa que primero no concuerda con la naturaleza que es una sola y con los postulados de la ciencia acerca del átomo. Este es uno de los motivos por los cuales en esta investigación se decidió entrevistar no solamente al docente de física sino además al docente de química, y adicionalmente porque son los dos únicos docentes que en la institución enseñan el átomo.

Hay que aclarar que lo que se quiere resaltar con esto es que los dos docentes tienen y enseñan diferentes conceptos de átomo, pero que esto no se debe al carácter interdisciplinar que se le atribuye al átomo, sino porque cada docente tiene un concepto del átomo (que es uno solo) más desde su filosofía que desde su disciplina.

Los docentes en efecto reconocen haber encontrado dificultades a la hora de abordar el átomo con sus estudiantes y lo expresan: *“Yo pienso que lo que uno debe es hacerles entender que el átomo no se puede ver y que partimos de algo que no podemos ver, pero que existe, pero que para los chicos esa abstracción no es tan fácil todavía, hay chicos que todavía son reacios a entender que el átomo existe, así no lo podemos ver, porque crecimos con la idea de que solo existe lo que se ve”*.

Por otra parte, pese a que el discurso de los docentes tiene riqueza pedagógica, los docentes no expresaron tener estrategias estructuradas para la enseñanza del átomo. Aunque se les haya formulado puntualmente la pregunta *¿Qué estrategias de enseñanza emplea para abordar el concepto de átomo en su clase?* En sus respuestas a esta pregunta no se evidencia una reflexión de fondo acerca de cómo enseñar el átomo; en lugar de comentar sus estrategias de enseñanza mencionan actividades que realizan para enseñarlo. Por ejemplo, el Docente 1 ante la pregunta mencionada responde: *“Cuando yo lo abordo no lo abordo como una partícula tangible, como algo que tiene frontera, lo abordo como algo en efecto que yo no puedo tocar, que de una u otra forma tiene una estructura y a grandes cantidades se ve como un cumulo para conformar la*

materia y entonces utilizo la idea por ejemplo de neblina, utilizo muchas analogías” Como se ve en esta respuesta no evidencia, con claridad, una estrategia de enseñanza sino una reflexión.

Vínculos

La indagación realizada al docente de química y al docente de física de la institución, no solamente fue útil para encontrar los elementos mencionados anteriormente los cuales el docente de ciencias naturales debe tener en cuenta cuando se propone enseñar el átomo o diseñar una estrategia para su enseñanza. Además de eso ésta indagación sirvió para corroborar algunas de las conceptualizaciones alcanzadas en el abordaje teórico. También a través de esta indagación a los docentes se pudo comprobar algunas de las causas del problema de investigación que se habían formulado como hipótesis en el esquema conceptual consignado la figura 1 del marco referencial. A continuación, se exponen los datos que sustentan esto.

Frente a las hipótesis que se plantearon como causas de la dificultad en la enseñanza del átomo que se encuentran en el esquema conceptual de la figura 1 de este documento, los docentes las corroboran en sus discursos. Estas hipótesis son: la falta de interés de los estudiantes por el estudio de la materia, la concepción continúa de la materia y el nivel de abstracción del átomo.

En cuanto a la falta de interés de los estudiantes por el estudio de la materia, se cita el siguiente comentario de uno de los docentes:

“Yo pienso que a ellos no les preocupa los átomos. Les comienzan a preocupar los átomos cuando la comprensión de algún fenómeno radica desde esa teoría. Por ejemplo, en termodinámica, para ellos empezó a cobrar sentido, ni siquiera el mismo átomo sino el movimiento del átomo; el movimiento de las partículas, para poder hablar de energía interna; ¡ahí! ya hay una importancia para ellos y ya lo utilizan, antes de esto para ellos el átomo era simplemente el átomo, una vaina que existía que me tenía que aprender, que estaba compuesta de algo; pero que como no se para que sirve, no sé por qué funciona, no sé por qué es necesario”

En este comentario es claro que el docente afirma que a los estudiantes el átomo no les preocupa, y si los átomos no les preocupa desde luego tampoco el estudio de la materia. Esto reafirma lo expresado en párrafos anteriores cuando se hizo el análisis e interpretación de la fase del abordaje teórico. En donde se expresó la necesidad de que el docente que enseña el átomo, antes de abordarlo debe ahondar en esfuerzos para que la materia se constituya en objeto de estudio de los estudiantes. Y de acuerdo con lo planteado por el docente, se interpreta que esto se logra, cuando el estudiante se encuentra frente a un fenómeno y ve la utilidad de la teoría para explicarlo.

Respecto a la concepción continúa de la materia por parte de los estudiantes, los docentes afirmaron:

Docente 1: “Para ellos en el discurso es discontinua, pero en su realidad es continuo. Su discurso dice que la consideran estructurada, pero cuando tienen que trabajar como tal la consideran continua”

Docente 1: “Los estudiantes consideran la materia continua, porque es lo que ven” [Entrevistador ¿Y usted cómo ve la materia continua o discontinua?], Yo creería que continua”

Por otra parte, en lo relacionado con el nivel de abstracción del átomo, se encontraron en los discursos de los dos docentes que para referirse al átomo empleaban términos como *abstracción*, *no se puede ver*, *no es tangible*, *imaginario* y expresiones como “*vuelvo y repito por que los chinos no todos tiene la misma habilidad para abstraerse de lo que se debe hacer frente al concepto de átomo*”, “*Como para mí el átomo es un imaginario, es un supuesto, no es algo que yo pueda determinar de una forma concreta, y los estudiantes también creo que les pasa lo que estoy diciendo*”.

De esta manera se concibe la necesidad indiscutible de que se hagan investigaciones como la presente con el propósito de proponer elementos que permitan superar dichas dificultades. De tal manera que as estrategias didácticas que se elaboren para la enseñanza del átomo, se construyan a partir de estas dificultades

que manifiestan los docentes haber observado a lo largo de su amplia experiencia en las aulas. Y con esto no llevar cosas arbitrarias, sería una perogrullada decir que esto no es bueno para la enseñanza.

4.2.2 Segundo momento: Explicaciones iniciales de los estudiantes previo a la estrategia

A continuación, se hace un análisis de los datos obtenidos a partir de las respuestas proporcionadas por quince estudiantes del grado décimo del colegio Morisco, a las situaciones planteadas en un taller de recolección de explicaciones iniciales sobre el átomo. Estas situaciones, en este apartado se comentarán de una manera muy superficial solamente con el propósito de mostrar de dónde provino el dato.

En las respuestas que los estudiantes dieron a las preguntas, ¿Alguna vez se ha preguntado por qué unos objetos son diferentes a otros? ¿Por qué? En su mayoría expresan de manera indirecta no haberse interesado por el estudio de la materia. Respuestas como: *“No me parece importante pensar este tipo de cosas”*; *“No, Ya que para mí eso no me interesa”*; No, *“Porque todo se hizo así y si todo fuera igual todo sería muy diferente y no nos diferenciaríamos del uno al otro”*, *“No, Porque cada objeto tiene su forma y color ya sean que algunos son iguales, pero no siendo el mismo objeto, pero si tiene la misma función; No me lo he preguntado por la razón de que cada objeto tiene diferentes funciones”*, permiten hacer estas interpretaciones.

En estas respuestas es evidente que los estudiantes asumen el hecho de que los objetos tienen diferencias físicas y químicas como algo que es natural. Es decir que existe una aceptación de parte de ellos acerca de que las cosas en la naturaleza son como son y no ven relevante cuestionarse al respecto. Se interpreta de sus respuestas que para ellos la materia y su estudio no es de su interés. A partir de esto la estrategia didáctica que se diseñe para enseñar el átomo debe tener entre sus objetivos, lograr que estudio de la materia y su estructura hagan parte del conjunto de intereses de los estudiantes, es decir convertir la materia en un objeto conocimiento para ellos.

La segunda situación que se planteó a los estudiantes fue: *“María, Simón y Juan miran por la ventana jugar futbol a sus compañeros. Cuando de repente el balón se desvía e impacta en el vidrio de la ventana y el vidrio se rompe”*. María, Simón y Juan afortunadamente no salen lesionados en el hecho. Lee con atención el siguiente diálogo entre María, Simón y Juan, el cual se refiere a las razones por las cuales el vidrio se rompió.
Simón: *El vidrio se rompió porque el balón lo golpeó muy fuerte y el vidrio es muy débil.*
María: *No, yo creo que el vidrio se rompió porque tiene huecos muy pequeños que no podemos ver.*
Juan: *Yo creo que el vidrio se rompió porque está compuesto de muchas pepitas, que están pegadas unas con las otras y cuando el balón les pega estas se despegan y por eso el vidrio se rompe.*
 ¿Con quién está de acuerdo con, María, Simón, Juan o con ninguno de los tres? ¿por qué?

Respecto a esta situación doce de los quince estudiantes en sus planteamientos concuerdan con Simón es decir el vidrio se rompió porque el balón le pegó muy fuerte y el vidrio es muy débil. Un estudiante de los doce explica porque el vidrio no tiene huecos, ni pepas de la siguiente manera: *“Con Simón porque el vidrio se puede probar que no tiene ni huecos ni pepas y esto se puede hacer a través del agua”*.

Sin duda este es un argumento bastante contundente el estudiante tiene su referente para explicar los fenómenos naturales, y este referente no es más que su experiencia organizada acerca de lo que el percibe en el plano macroscópico. Para el estudiante si el vidrio tuviera huecos deberá dejar pasar el agua, pero como en su experiencia ha observado que esto no sucede entonces de ninguna manera puede creer que el vidrio tiene huecos. Segundo que el estudiante concibe la materia continua y que esta concepción deriva de lo que el percibe macroscópicamente. Y tercero que como consecuencia de pensar en que la materia es continua, el estudiante no considera tamaños inferiores a lo que el sensorialmente puede contemplar, o de lo contrario hubiese podido pensar que los huecos que hay en el vidrio son tan pequeños que no dejan pasar el agua que es más grande que los huecos en el vidrio. En general lo que se evidenció con esta situación es la ausencia del empleo de un

modelo microscopio por parte de los estudiantes para explicar este fenómeno. Que bien hubiese podido ser el modelo corpuscular de la materia o cualquier otro que ellos ingeniasen como por ejemplo los enunciados en los planteamientos de María y Juan (personajes del dialogo).

Peropara los estudiantes pensar en algo que no pueden percibir sensorialmente no tiene ningún sentido respuestas como *“Estoy de acuerdo con Simón porque se rompió por el balón, si hubiese estado de acuerdo con María y Juan hubiese estado erróneo ya que no tiene sentido de nada”*, muestran esta tendencia.

Lo anterior dilucida porque los estudiantes al tratar de explicar porque se rompió el vidrio no hicieron uso de ninguna teoría o analogía de la estructura de la materia para explicar este fenómeno, y en lugar de ello emplearon circunstancias y causas macroscópicas, como por ejemplo la fuerza con que el balón golpeo el vidrio, la fragilidad del vidrio... Esto a pesar de que en el transcurso de su vida escolar ya han abordado el átomo y la estructura de la materia tanto en química como en física. Esto se pudo corroborar en una de las respuestas de los tres estudiantes restantes que no estuvieron de acuerdo con lo expresado por Simón. Lo anterior se refleja en expresiones como: *“Estoy de acuerdo con Juan porque el vidrio está compuesto por moléculas que siempre están unidas y cuando un objeto choca fuerte provoca un impacto que las separa.”*

Aunque este argumento nada común en los estudiantes de hecho fue el único de los quince, permitió evidenciar primero que los estudiantes ya han abordado temas relacionados con el modelo corpuscular de la materia y segundo que la situación que se planteó era propicia para desencadenar en ellos el uso en contexto de su conocimiento acerca del átomo. De hecho, se les indico en una de las actividades que escribieran el mayor número de palabras con las que relacionaran la palabra **átomo** y ellos escribieron los siguientes términos. *protones, neutrones, electrones, núcleo, células, minúsculo, pequeño, molécula, estructura, materia, energía, ciencia, tamaño, forma, masa, espacio, aire, naturaleza, universo, planeta, humanos, física, experimentos, todo, vida, tamaño, movimiento, composición, calor, mezclas apariencias, temperatura, esfera, microscópico, formación, concepto, diminuto, invisible, unidad, nanoscopico, infinidad, especie, ADN.*

A juzgar por esto, los estudiantes tienen información sobre el átomo y la estructura de la materia, y posiblemente no hayan construido un conocimiento sobre el átomo que este en consonancia con lo que expone la teoría científica atómica. El contexto favoreció que emergiera la posibilidad de hacer uso de su conocimiento sobre la estructura de la materia para explicar por qué ocurre un fenómeno no lo hagan, en el caso de este estudiante.

Se afirma que posiblemente los estudiantes no hayan construido un conocimiento sobre el átomo que este en consonancia con lo que expone la teoría científica sobre el mismo, porque se reconocieron indicios de esto en las respuestas que los estudiantes dieron en algunas de las situaciones, por ejemplo, cuando se les mostro el dibujo del modelo del átomo de Bohr, a la pregunta *¿Qué es el siguiente dibujo?*, ellos respondieron en su mayoría que era un átomo. Esto corrobora de paso lo descrito en uno de los aspectos del problema, en donde se expresa que los estudiantes suelen asumir que el modelo del átomo es el átomo, es decir piensan que el átomo y su modelo son descubrimientos, y no representaciones de la mente humana para construir una imagen del mundo.

En esta misma línea se encontró que nueve de los quince estudiantes consideraron que el átomo es un objeto que se puede ver, esto quedo en evidencia en las respuestas que los estudiantes dieron a la pregunta *¿Podría ver un átomo?*, casi en su mayoría coinciden con expresiones como *“Si, a través de instrumentos especiales, pero a simple vista no”*. Por otra parte, solamente algunos estudiantes mostraron estar convencidos de que todas las cosas están constituidas por átomos. Se les pregunto *¿Cuáles de los siguientes objetos o cosas están hechas de átomos?: un automóvil, un celular, una computadora, el aire, un árbol, una piedra, el agua, el fuego, un perro, una persona*, y se observó que cierto número piensa que las únicas cosas que están hechas de átomos son el aire, el agua y el fuego, otros pensaron que las cosas que están hechas de átomos son un árbol, una persona, un perro y otros dijeron que las cosas que están hechas de átomos son un automóvil, un celular, y una computadora.

Esto mostró que había vacíos conceptuales y dejó en evidencia que algunos estudiantes ven el átomo como el constituyente de los llamados “elementos” de la naturaleza desde una perspectiva más próxima a la de la antigua Grecia, que otros ven el átomo como el constituyente los seres vivos, confundiendo tal vez con la célula, y un último grupo que piensa que las cosas que están construidas por átomos son las fabricadas por las personas.

Con esto, se reflexiona que es necesario que los docentes que llevan este tópico a la escuela planteen estrategias didácticas para enseñar el átomo en las que se tengan en cuenta los hallazgos anteriormente mencionados, esto con el propósito de brindar soluciones a los obstáculos que se le presentan a los estudiantes en sus procesos de construcción de conocimiento acerca del átomo.

4.3 Análisis de datos e interpretación de resultados fase estrategia didáctica

Como se mencionó en el capítulo de metodología la estrategia didáctica que se diseñó se implementó a un grupo de 30 estudiantes de grado décimo, siguiendo cinco ejes temáticos que se consideraron relevantes para introducir a los estudiantes al estudio del átomo. En este apartado se analizarán cada uno de estos abordajes, es decir cada eje temático tendrá su apartado de análisis y el orden en que se analizan estos será el mismo que se siguió en la implementación de la estrategia. El propósito en este apartado no es determinar si la estrategia didáctica fue un “éxito” o un “fracaso”, sino corroborar y proponer criterios didácticos que emergen cuando se intenta enseñar el átomo a estudiantes de grado 10.

4.3.1 Análisis del primer eje temático de la estrategia: la idea de “materia”

Lo que se pretendió en este eje fue movilizar a los estudiantes a preguntarse por la materia: ¿Qué es? y ¿De qué está hecha?, lo que se quería era motivar los estudiantes para que la materia fuese su objeto de estudio, es decir que el estudio de la materia formara parte del conjunto de sus intereses. Pero más allá de este fin se encuentra el objetivo general de esta investigación el cual se logra al menos parcialmente identificando en este apartado aquellos criterios que hicieron posible interesar a los estudiantes por el estudio de la materia, y los cuales se sugiere tener en cuenta cuando se enseña el átomo. De manera que este será el hilo conductor del presente análisis.

Con el propósito de motivar e interesar a los estudiantes por el estudio de la materia, se les plantearon dos situaciones semejantes (ver tabla 2), es decir con la misma esencia, pero en contextos y condiciones diferentes esto para observar cual situación despertaba mayor interés y curiosidad en ellos por el estudio de la materia. La primera situación resumiendo, consistió en ver un chaleco con alto grado de impermeabilidad que por más que se le echara agua esta no lo traspasaba y la segunda situación consistió en ver un vidrio con alto grado de blindaje el cual no era traspasado por proyectiles de “alta” velocidad que lo impactaban. Las dos situaciones condujeron a los estudiantes a preguntarse de qué están hechas las cosas y causaron curiosidad por el estudio de la materia. Esto se evidenció en expresiones de los estudiantes como las siguientes: *“El agua no pasa en esa ropa porque por dentro está hecho de cosas que trancan el agua, como el plástico”, “yo pensaría en lo que está hecho el material”, “¿de qué está hecho el vidrio?”, “yo pensaría en las moléculas, que son las partes más pequeñas que hay y componen la materia”, “Para saber porque pasa eso tiene uno que saber más física, porque había que investigar cómo están hechas las cosas por dentro”.*

Sin embargo, se observó que los estudiantes mostraron menor interés y curiosidad en la primera situación que era un poco más próxima a lo cotidiano. Esta no llamó tanto la atención ni despertó el interés en los estudiantes de la manera en que lo hizo la segunda situación, que estaba más distante a la cotidianidad de los estudiantes, pero que representaba para ellos mayor novedad. Los elementos en los que fundamenta esta observación son las actitudes que se percibieron en los estudiantes, el número y contenido de las respuestas que ellos dieron en cada situación.

Si se analiza las razones por las que quizás ocurrió esto encontramos que: hay que establecer las diferencias entre las dos situaciones planteadas y segundo pensar en las implicaciones que cada una de estas

diferencias tiene para los estudiantes. La diferencia fundamental entre las situaciones es que la una es cotidiana en la vida de los estudiantes y la otra no. Pues es muy probable que ellos hayan visto muchas veces el fenómeno en que las prendas impermeables no las traspase el agua: ver una persona portando este tipo de prendas en un día lluvioso o la sombrilla que ataja la lluvia. Pero lo que no es muy probable es que ellos hayan tenido la experiencia de ver como impactan en un vidrio proyectiles a “alta” velocidad sin romperlo ni traspasarlo. Ahora, al pensar en cuáles son las implicaciones de esto en los estudiantes, se pueden hacer apreciaciones como la siguiente: los fenómenos que los estudiantes vivencian a diario y que forman parte de su experiencia, tal vez hayan perdido el encanto de la primera vez en que los percibieron y la atención, la curiosidad que les suscito en ese momento se haya desvanecido, pareciera como si se hubiese producido una especie de costumbre de que las cosas tienen que suceder así y la curiosidad del “científico” haya quedado atrás, todo esto a costa de ver cada día la u ocurrencia del mismo fenómeno. Desde esta apreciación se infiere la explicación de por qué los estudiantes se interesaron y tuvieron mayor curiosidad en estudiar la materia a raíz de la segunda situación que era nueva para ellos.

En este orden de ideas se interpreta que para que los estudiantes conviertan en objeto de estudio la materia; es decir, que el estudio de la materia sea parte del conjunto de sus intereses de tal manera que impulsados por su curiosidad se formulen preguntas como ¿de qué están hechas las cosas? Es aconsejable que para tal fin se planteen situaciones que involucren fenómenos que no sean cotidianos en la vida de los estudiantes pero que tampoco le sean extraños, es decir que a pesar que no acurran en su entorno estos tengan la posibilidad de ocurrir.

4.3.2 Análisis del segundo eje temático de la estrategia: los modelos para la ciencia

En este segundo eje temático de la estrategia el propósito era aproximar a las y los estudiantes a la construcción del concepto de modelo científico, entendiéndose por modelo científico lo que al respecto se definió en el marco referencial. En este se plantearon puntualmente dos situaciones a los estudiantes. Estas situaciones condujeron a los estudiantes a pensar en que es un modelo para la ciencia, como esta los prolifera y como los construye.

La primera situación que se planteó a los estudiantes fue “el modelo de la caja negra” la cual en resumen consistió en que al interior de una caja sellada se encontraban algunos objetos, los cuales cuando la caja era movida sonaban al golpearse unos contra los otros y al estrellarse contra los bordes de la caja. En este caso los estudiantes observaron la situación, predijeron los objetos que posiblemente había en la caja, verificaron los objetos que realmente había dentro de esta y explicaron el cómo y el porqué de sus aciertos y desaciertos frente a su predicción. Los datos obtenidos en este eje temático se presentan en un relato a continuación, seguido del análisis e interpretación de los mismos.

Lo primero que hay que resaltar es que los estudiantes se mostraban temerosos a predecir qué objetos había dentro de la caja. Entonces se replanteo la situación diciéndoles que, el que tuviera más agudos los sentidos era el que podría aproximarse más a predecir lo que realmente había dentro de la caja y de inmediato se apresuraron a tomar la caja y sacudirla muy cerca de sus oídos, en sus expresiones se veía que trataban de hacer con ellos lo que no podían hacer con sus ojos. Enseguida unos afirmaban que había en el interior de la caja “Una moneda y un cascabel” otros decían que “hay: o una pelota, o un llavero, o una moneda”, algunos también decían que había distintos objetos a estos. Pero al volver a sacudir la caja una y otra vez cambiaban de parecer y reformulaban sus predicciones proponiendo nuevos objetos empleando exclamaciones como “¡no!, creo que lo que hay es una lata de gaseosa y un destapador, porque suena fino”, “¡ya se! lo que hay son unas canicas, un marcador y una bolsa plástica que se escucha como suena ahí adentro” “No sé, pero de lo que si estoy seguro es que hay algo de madera”. Algunas de estas exclamaciones seguro en esencia no son muy distintas a las que un científico a ferrado a la ilusión del descubrimiento expresaría de llegar a conseguirlo.

Se refleja analógicamente esa faceta, de la ciencia en la que tanto las leyes como los modelos cambian y evolucionan, en la que los científicos reformulan sus teorías ante nuevos hallazgos, discrepan con unos y llegan a acuerdos.

Una vez todos habían asumido su postura definitiva frente a lo que creían que se encontraba dentro de la caja, se les formuló la pregunta ¿qué los llevó a pensar que son esos objetos que usted predijo, son los que están dentro de la caja?, en su mayoría concordaron con respuestas de sus compañeros como: *“Por el sonido, y como el peso que se siente, también por lo que se siente cuando golpea”, “Hay algo que no pesa nada, lo sé porque siento que se mueve algo allá, adentro del espacio”, “Hay algo de metal, porque suena como un metal”, “Por qué se siente como una pelota resbalando”*. Entonces se les pidió que hicieran un consenso y establecieran puntualmente qué elementos fueron lo que tuvieron en cuenta para hacer sus predicciones, y ellos dijeron que los sonidos que escucharon, lo que sintieron como el peso de la caja y los movimientos duros y suaves de los objetos dentro de la caja.

En esta aparte es evidente que los estudiantes asumen que los sonidos, lo que sienten al sacudir la caja es lo único que ellos saben acerca de lo que hay dentro de esta.

Hecho esto se les interroga, ¿podrían ustedes hacer un dibujo de cada uno esos objetos que creen que hay en el interior de la caja y un solo dibujo de todos objetos juntos en la caja? ¿Por qué?, la respuesta de ellos fue evidente, ellos respondieron en su mayoría que, si y justificaron su respuesta con expresiones como las siguientes *“Si, por que escuchamos el sonido” “Si, por lo que se sintió al coger la caja y moverla”* Se cerró este interrogante diciéndoles que hicieran estos dibujos. Realizados los dibujos se le interrogó nuevamente acerca de estos preguntándoles que si estos dibujos eran en realidad los objetos que había en la caja, o los objetos que ellos predijeron que había en la caja o si simplemente eran una representación de estos últimos. Ellos como era de esperarse respondieron con expresiones como *“no, esos son solo los dibujos de lo que pensamos que hay dentro de la caja”*. Expresada esta repuestas se les pregunta ¿Que podrían ustedes explicar o justificar con estos dibujos, es decir que razones los llevaron a realizar esos dibujos? A lo cual argumentaron cosas como: *“Yo hice esos dibujos por lo que escuché y sentí cuando moví y dejé caer la caja”, “Podría explicar lo que sentí, pero no sé qué hay dentro de la caja”*.

En este punto los estudiantes saben que los dibujos que hicieron de los objetos, no son los objetos que realmente hay en la caja, ni tampoco los que ellos supusieron que había en el interior de la caja. Para ellos es un dibujo que justifica y explica los sonidos que escucharon y lo que sintieron en general en el contacto con la caja.

Finalmente, se les pregunta que si se podría saber con seguridad cuáles son los objetos que hay dentro de la caja sin destaparla ni abrirle ningún tipo de orificio. Ellos respondieron *“No, es imposible”, “No, uno lo que puede saber más o menos lo que hay”, “No, porque no los podemos ver”*, posteriormente se les pide que abran la caja, verifiquen cuales son los objetos que había en esta y expliquen el porqué de sus aciertos y desaciertos frente a su predicción de lo que había en la caja.

Por último, los estudiantes saben que dentro de la caja hay algo que no pueden saber que es, y sobre lo cual han hecho supuestos, representaciones para tratar de explicar lo que hay dentro de la caja.

Lo relevante del anterior relato es que expone un escenario científico en el aula, en donde se observa un fenómeno, se formulan “hipótesis” al respecto y se construyen representaciones para explicar lo que se percibe de este. En este escenario los estudiantes representaron algo que no podían ver ni tocar, es decir una idea a la que se hicieron a partir de lo que percibían por los sentidos diferentes a la vista. Se interpreta de lo anterior que los estudiantes podrían aproximarse al concepto de lo que es un modelo para la ciencia, recreando escenarios científicos en el aula en los que ellos aborden fenómenos y construyan modelos para explicarlos.

4.3.3 Análisis del tercer eje temático de la estrategia: la idea de la discontinuidad de la materia

En este eje se presentaron cinco situaciones a los estudiantes. Sin embargo, en el siguiente análisis solamente se comentarán dos centrales, ya que las demás se propusieron para darle más peso a lo realizado en estas.

En la primera situación, se observan 30 cm³ de alcohol en una probeta y otros 30 cm³ de agua en otra probeta, y se les pregunto a los estudiantes que, al revolver el agua con el alcohol, como sería el volumen total de la disolución. Todos respondieron que el doble, es decir 60 cm³. Después de esto se agregan los treinta 30

cm³ de alcohol a los treinta 30 cm³, formando una disolución en la que el volumen total de esta fue menor en 9 cm³ aproximadamente respecto a lo que sería la suma total de los dos volúmenes de las sustancias. Y se les pregunto por qué al mezclar el agua con el alcohol el volumen total se redujo ellos expresaron: *“Eso es por una reacción”, “¡Ah! no, es que el alcohol se escapa”, “eso fue que se evaporo”, “eso es un truco, eso es magia”, “tan raro eso, yo no sé”, “fue el aire que al echar el alcohol se llevó un poco”*.

Como se observa en estas respuestas de los estudiantes estos se muestran reacios a asumir la postura de que la materia es discontinua, de hecho, parecen ni siquiera contemplar la posibilidad de esta idea, no se les ocurre algo que pareciera ser evidente y es que para que el volumen de la “mezcla” sea menor, debió una de las dos sustancias meterse en la otra un poco. De esto se interpreta primero, que la situación no desencadenó por sí sola en los estudiantes la idea de discontinuidad de la materia; segundo, que los estudiantes son reacios a asumir que la materia es discontinua y tercero, que estas dos circunstancias es aconsejable tenerlas presentes cuando enseñe el átomo, pues los estudiantes ante algunas ideas de la ciencia suelen poner resistencia para aceptarlas y no siempre la situación que se planea para enseñar estas ideas desencadenará en el estudiante lo que se requiere para que este las aprenda.

Como la anterior situación no arrojó resultados respecto a que los estudiantes pensarán en la idea de la materia discontinua; se les planteó una segunda situación de la siguiente manera: Los estudiantes observan 1000 cm³ de gravilla en un recipiente transparente y otros 1000 cm³ de sal en otro recipiente también transparente. Se les formula la misma pregunta que en la situación anterior ¿al revolver la sal con la gravilla el volumen resultante sería menor? Ellos respondieron que sí, con argumentos como: *“Para mí el volumen después de revolver es menor porque la sal es más pequeña y se mete entre los huecos que hay entre las piedras de la gravilla”*. Para corroborar sus predicciones se agregaron los 1000 cm³ de sal al recipiente que contiene los 1000 cm³ de gravilla formando una mezcla en la que el volumen total es menor a la suma de los dos volúmenes de las dos sustancias antes de juntarse.

Seguidamente se les pregunto y entonces... ¿qué sucedió con el agua y el alcohol?, ¿porque el volumen total al júnalos se hizo menor?, y expresaron *“¡Ay!, ya se esto fue lo que ocurrió con el agua y el alcohol”, “Lo que pasa es que el agua puede ser como las piedras y la sal como el alcohol y por eso es que hay menos volumen”, “Profe sé que uno se mete dentro del otro igual que la sal por entre las piedras, pero ¿cuál se mete dentro de cuál, cuál de los dos es más grande el alcohol o el agua?”, “Profe ósea que el agua está compuesto por cosas que dejan espacios entre ellas al igual que las piedras y por ahí es donde se mete el alcohol que hace falta”*

Ahora sí, se observa en las respuestas de los estudiantes que están pensando en la idea de discontinuidad de la materia. Pero al analizar más afondo esto, se pudo identificar que en la primera situación los estudiantes no pensaron en la idea de que la materia podría ser discontinua porque allí demandaba, un mayor grado de abstracción hacerlo, que en la segunda situación donde la discontinuidad era visible. Además, la dificultad que presentaron los estudiantes para comprender y predecir qué sucedería en el fenómeno y la facilidad en la segunda con la que los estudiantes comprendieron y predijeron lo que sucedería en el fenómeno, deja en evidencia que los fenómenos microscópicos presentan un mayor grado de dificultad, que los fenómenos macroscópicos en su comprensión.

Que los estudiantes hubiesen podido dar una explicación al fenómeno microscópico empleando el fenómeno macroscópico, significa que ellos desde su experiencia organizada proveniente del plano de lo macroscópico, caracterizan y dan sentido a lo que para ellos no es tangible. Esto habla un poco de que ellos aún no logran concebir “abstracciones puras²”. Y este es un problema porque explicar lo microscópico a partir de lo macroscópico puede generar errores conceptuales. Este problema sin duda es una encrucijada ¿Cómo se puede enseñar algo de lo microscópico como lo es átomo, sin partir de la experiencia sensible de los estudiantes?, ¿acaso se puede decir que este concepto no es enseñable para este grupo de estudiantes con estas edades?

4.3.4 Análisis del cuarto eje temático de la estrategia: el modelo corpuscular de la materia

El propósito en este eje fue aproximar a los estudiantes al concepto de modelo corpuscular de la materia. Para ello se plantearon tres situaciones a los estudiantes. A continuación, se analizan algunos de los elementos más relevantes.

Se comenzó mostrando a los estudiantes una foto con su tamaño al 100%, y se les preguntó si veían la foto continua o discontinua, ellos respondieron que continua. Seguidamente se amplió la foto a un tamaño del 1000% y se observaba discontinua. Se apreciaban cada uno de sus píxeles (cuadritos pequeños) que la conformaban. Y se les preguntó ¿cómo es la foto continua o discontinua? ellos contestaron que era discontinua. Adicionalmente se les preguntó ¿cuál es la unidad que constituye la imagen? y sus respuestas fueron: “*los cuadritos*”, “*el pixel*”

En la segunda situación los estudiantes observaron a una distancia aproximadamente de 50m, un cartón (un objeto) constituido de pequeñas bolitas de plastilina muy contiguas unas a las otras; con esta distancia entre estudiantes y objeto, se les pregunta ¿cómo es la estructura del objeto continua o discontinua?, ellos observándolo desde esa distancia dijeron que era continua. Luego ese mismo objeto se acercó a los estudiantes a una distancia de un metro y nuevamente se les pregunta ¿cómo es la estructura de este objeto? ellos respondieron esta vez que era discontinua. Seguidamente se les pregunta cuál es la unidad que constituye el objeto, los estudiantes responden que son las bolitas de plastilina.

Llevar estas dos situaciones al aula tuvo implicaciones fundamentales para los estudiantes, la primera es que se le condujo a pensar en la idea de *unidad constituyente*, pero no de la manera en que esta estrategia pretendía, en lugar esto, los estudiantes pensaron la idea de unidad constituyente como algo concreto, que se ve y que el problema de no verla es la distancia a la que se encuentra y el tamaño de esta. Sin duda estas dos situaciones podrían resultar de utilidad si el átomo que se enseña fuese ese que se piensa que es una entidad física, que existe y es concreto. Pero, como en esta investigación se asumió el átomo como una herramienta teórica postulada para la explicación de los fenómenos físicos y no como una realidad accesible a la observación indirecta mediante un instrumento, entonces nos inquieta la idea de si este tipo de actividades pueden distorsionar las ideas de la ciencia que se encuentran en un plano teórico y que no se corresponden directamente a una entidad física.

Esto pone de manifiesto nuevamente el problema que se ha detectado en esta estrategia y son las rupturas conceptuales que implica enseñar lo microscópico a partir de lo macroscópico, lo abstracto a partir de lo concreto y caracterizar lo uno en función de lo otro. Este es un aspecto sobre el cual es relevante que se reflexione desde los campos de conocimiento tanto de las didácticas específicas como de la didáctica general. Con el fin de replantear los criterios de la trasposición didáctica y reconsiderar si esta es aplicable a todas las ideas de la ciencia o si existen algunas que se escapan del plano de lo concreto y por su naturaleza en sí, al transponerlas didácticamente para ser enseñadas, pierdan su esencia y se generan errores conceptuales al aprenderlas.

También de esta reflexión se esperaría que se gestaran propuestas de enseñanza para estas ideas de la ciencia, o de no ser posible verificarse si es necesario esperar que los estudiantes alcancen la madurez cognitiva suficiente para que ellos puedan concebir a través de otros caminos distintos a la enseñanza estas ideas que no se pueden transponer didácticamente, a las que en esta investigación se han llamado abstracciones puras, debido a que no se pueden enlazar con nada de lo concreto.

Ante esta dificultad se creó una situación y se les planteó a los estudiantes, lo que sugiere que la enseñanza se constituye en la constante reflexión del maestro sobre su quehacer; de manera que el maestro probablemente realiza un ejercicio meta cognitivo constante que le permite construir, reconstruir y reorientar su labor de enseñanza.

Con base en este ejercicio, se plantea la siguiente situación en donde se tuvo presente el papel fundamental de la imaginación en la abstracción que alcanzan los estudiantes y el cual se propuso a propósito de uno de los antecedentes de esta investigación Bolívar (2008), para tratar de superar los obstáculos que

aparecen al tratar de enseñar el átomo, no como algo concreto y que existe, sino como una herramienta teórica creada por los hombres para explicar los fenómenos que ocurren en la naturaleza.

En esta situación se propuso a los estudiantes que imaginara un trozo de materia visto por un microscopio del futuro, se les preguntó: ¿Qué cree que se verá con el microscopio del futuro? La materia ¿es continua o discontinua? ¿por qué?

Frente a estas preguntas respondieron: “*cosas que no se han podido ver nunca*”, “*los huecos en la madera*”, “*que es discontinua, se podría ver con este microscopio*”, “*porque eso es como una montaña que cuando uno la ve de lejos no se ven los huecos, pero cuando uno la ve de cerca si se los ve*” “*muchas cosas invisibles, como en la plastilina y en la foto*”

Estas repuestas de los estudiantes muestran un avance conceptual frente a lo observado en la fase de reconocimiento de aula, los estudiantes muestran una proximidad con la idea de discontinuidad del material el modelo corpuscular de la materia, claro el modelo corpuscular visto como algo concreto, esto tal vez producto de estaban ya permeados por las dos anteriores situaciones. Esto quiere decir que toda acción que el docente haga en el aula, afecta de alguna manera a los estudiantes; lo cual demanda que piense bien cada paso, un paso en falso que haga puede generar que de los estudiantes den muchos pasos en falso.

Luego se les pidió que imaginaran la unidad constitutiva del trozo de madera que ellos podrían ver por el microscopio y le colocaran un nombre, algunos de los nombres más peculiares que los estudiantes le dieron fueron “*patileculas, liveleculas, misterio, mundo enano, chiquitolitos*”, por no mencionar más. Sin embargo, se les advirtió que debían llegar a un consenso y colocarle un solo nombre, de tal manera facilitara la comunicación cuando se hiciera referencia a esta unida constituyente, ellos escogieron *chiquitolitos*.

A continuación, se les pidió que elaboran un dibujo que representara los *chiquitolitos* y se retomaron las situaciones planteadas en el eje temático de *modelos para la ciencia* al preguntarles, ¿qué tiene en común este dibujo del átomo con los dibujos de los objetos que había al interior de caja negra y los objetos que caían al suelo, realizados en actividades anteriores? A lo cual respondieron afirmaciones del orden de “*todos son dibujos de algo que no se ve*”, “*es algo que uno se imagina y pinta*”.

Lo que se observó es que, en las situaciones planteadas en el eje temático de modelos para la ciencia, los estudiantes construyeron dibujos que daban cuenta de los sonidos que ellos escucharon y sintieron, mientras que en esta última situación estos dibujos emergieron literalmente de la imaginación. Entonces surge una inquietud, si se les solicita que en lugar de llamar *chiquitolitos* a esa unidad constituyente, la llamen átomo, ¿pensarán que el átomo es producto de la imaginación y que no se derivó a partir de algo estudiado por la ciencia?, ¿Esto sería quitarle el carácter científico al estudio del átomo?

De acuerdo con esto es aconsejable abordar como tal el concepto de átomo a través de situaciones como las que se plantearon en el eje temático *modelos para la ciencia*, donde se recreó un escenario científico en el aula, en el cual los estudiantes tuvieron la posibilidad de observar un fenómeno, formular hipótesis para explicar lo que ocurría en este fenómeno y construir sus propios modelos para representar elementos del mismo. Y que, si bien el modelo es una estrategia para representar un fenómeno, tiene elementos de la experiencia sensible o de la reflexión teórica que lo sustentan.

4.3.5 Análisis del quinto eje temático de la estrategia: la noción de tamaño

El objetivo de este último eje de la estrategia fue llevar a los estudiantes a pensar en el tamaño de los átomos. Para este fin se presentó un video a los estudiantes, el cual a grandes rasgos mostraba un zoom desde las cosas más pequeñas hasta las más grandes. Este video desencadenó en los estudiantes la formulación de preguntas como: “*¿profe será que hay mundos muy pequeños que nosotros no podemos ver y mundos grandes que nos vigilan?*”, “*es que somos muy pequeños*”, “*debe haber muchas cosas que no podamos ver por lo muy pequeñas y otras por lo muy grandes*”, “*¿profe hay cosas más pequeñas que los átomos?*”, “*¿profe cuantos átomos caben en la punta de un esfero, si es que en el esfero hay una pepita que parece un átomo?*”

Aunque los estudiantes, pensaron en el tamaño de las cosas y también particularmente en el tamaño del átomo. Nueva mente se plantea el problema de asumir un átomo como una entidad física y un átomo como una entidad teórica. Es posible que los estudiantes estén pensando en el átomo como algo concreto eso se puede apreciar en sus preguntas, y lo más lógico si tiene la posibilidad de escoger entre algo que se puede ver y algo que no se ve frente a lo cual tiene que construirse una imagen en la mente, pues escojan a que no requiere de ningún esfuerzo de abstracción.

Conclusiones

Como resultado de esta investigación se proponen los siguientes criterios didácticos relacionados con la enseñanza del átomo:

Cuestionarse el docente acerca de cuál sería el concepto de átomo que el estudiante debería aprender o construir y como el concepto que él tiene del átomo afecta la enseñanza del mismo ayuda a orientar la enseñanza de las ciencias y aquí particularmente le permite enseñar el concepto de átomo, definir precisamente que concepto de átomo enseñar y evaluar los requerimientos que demanda enseñar este concepto. De tal manera que a la luz de esta evaluación y pensando en los estudiantes, él reconsidere su concepto de átomo, si lo amerita y lo reformule dentro del marco de la teoría científica, para su enseñanza. Se argumenta esto en relación a que se encontró que los dos docentes entrevistados tienen un concepto distinto del átomo. Esto es coherente si se acepta que los conceptos son construcciones de cada sujeto. Además, también se encontró que el concepto de átomo que ellos enseñan está en función de lo que ellos conciben como átomo.

Para la enseñanza del átomo es aconsejable que el docente diseñe estrategias didácticas en las que se planteen situaciones al estudiante de tal manera que estas sean para ellos vivencias que se aproximen a su experiencia. Con el propósito que ellos tengan la posibilidad de organizar esta experiencia y construir su propio conocimiento sobre el átomo. Ya que se entiende que el “conocimiento” es una consecuencia de la acción de conocer, y el papel fundamental del docente en el aula es proveer las condiciones necesarias para que los estudiantes puedan realizar esta acción; sin embargo, es necesario que tenga especial cuidado con el tipo de actividades de aula que propongan con el propósito de no introducir ideas que lleven al estudiante a asumir una entidad teórica como concreta, en este caso el átomo.

Siguiendo lo anterior es necesario introducir reflexiones frente a lo qué es un modelo y lo que representa para la ciencia, esto a propósito de la tendencia que existe en maestros y estudiantes y hasta libros de ciencias de asumir el modelo como una copia “exacta” del fenómeno o de la entidad que se esté estudiando y no como una representación de este.

La estrategia didáctica que diseñe el docente podrá centrarse solamente en el cómo enseñar, sin hacer alusión al aprendizaje. Ya que el tipo de relación que hay entre la enseñanza y el aprendizaje no es de causalidad sino ontológica. Es decir que la enseñanza ocurre independiente del aprendizaje. Eso sí, sin el concepto de aprendizaje, no habría concepto de enseñanza.

Antes de diseñar una estrategia didáctica para para la enseñanza del átomo es necesario caracterizar la situación de enseñanza, es decir hay que definir el nivel escolar, edad de los estudiantes, campo de conocimiento, tipo de institución y características de los sujetos, esto en función de la enseñanza ya que lo que se diseñara es una estrategia didáctica; entendiendo por didáctica lo que se expresó en el marco conceptual. Enseñar el átomo implica primeramente preguntarse por qué es la materia y cómo está constituida. Esta idea involucra que el maestro reflexione acerca de lo que es la materia y de cómo está constituida. De tal manera que en la estrategia didáctica que el diseño a partir de su reflexión favorezca que los estudiantes conviertan en objeto de estudio la materia, es decir lograr focalizar su interés sobre algo que de manera natural quizás no emerja.

El hecho de que el átomo no se pueda ver y que en general no sea accesible a nuestros sentidos, es una “verdadera” dificultad para su enseñanza”. Pensar en esta idea implica para el maestro hacer una reflexión, no solamente desde la física sino también desde la filosofía, acerca de cómo la ciencia ha dado cuenta del átomo y asume una postura crítica al respecto. De manera que en su estrategia didáctica haga énfasis a los estudiantes en que es un modelo para la ciencia, como esta los prolifera y como los construye. Esto en función de lo que es el modelo del átomo en general.

Enseñar el átomo implica asumir que la materia es discontinua, algo que es contrario a la experiencia, pues lo que percibimos a través de nuestros sentidos es que esta es continua. Que el docente tenga presente esta idea significa que él en su estrategia didáctica para la enseñanza del átomo muestre esfuerzos orientados a aproximar los estudiantes a la idea de discontinuidad de la materia de forma vivencial y no axiomática.

Enseñar el átomo implica primeramente preguntarse por qué es la materia y cómo está constituida. Esta idea involucra que el maestro reflexione acerca de lo que es la materia y de cómo está constituida. De tal manera que en la estrategia didáctica que el diseñe a partir de su reflexión favorezca que los estudiantes conviertan en objeto de estudio la materia, es decir lograr focalizar su interés sobre algo que de manera natural quizás no emerja.

Para que la materia se constituya en objeto de estudio de los estudiantes es preferible plantearles situaciones que muestren fenómenos donde la materia se comporte ante perturbaciones de una manera “sorprendente” para los estudiantes. Esto se evidenció cuando se les planteó dos situaciones semejantes, es decir con la misma esencia, pero en contextos, condiciones y objetos diferentes. Observándose que los estudiantes se mostraron muy interesados en la situación que les resultaba novedosa y con la cual no estaban familiarizados en su cotidianidad.

Para aproximar a los estudiantes a la construcción del concepto de modelo científico es recomendable crear escenarios en el aula, donde ellos exploren hechos y fenómenos en los cuales tengan que recurrir a observaciones indirectas para dar explicaciones a los mismos. Esto se observó cuando se les presentaron a los estudiantes situaciones que no podían percibir a través de todos sus sentidos. Restringiéndolos al oído y el tacto como únicos medios de relacionarse con los fenómenos planteados. Llegando con esto ellos a convencerse de que los dibujos y los escritos que cada uno de ellos hicieron sobre los fenómenos planteados son solamente una alternativa.

Para aproximar a los estudiantes a una concepción discontinua de la materia es conveniente primero plantearles situaciones en las que ocurran fenómenos producto de la discontinuidad macroscópica de la materia y luego situaciones en las que a causa de la discontinuidad a nivel microscópico de la materia se generen fenómenos. De manera que al buscar explicaciones de los fenómenos ocurridos en estas situaciones ellos establezcan analogías que les permitan imaginar que la materia que se ve continua puede ser discontinua. Guardando cuidado de que no se refuercen tendencias a atribuir propiedades de los cuerpos macroscópicos a lo microscópico.

Las explicaciones que los estudiantes dan a los fenómenos que son causados por la discontinuidad de la materia a nivel microscópico, son de orden macroscópico y no las relacionan de ninguna manera con la idea de discontinuidad de la materia. En su lugar acuden a dar explicaciones basadas en experiencias que tiene del mundo macroscópico. Esto se vio cuando se les planteó una situación en la que se produjo un fenómeno producto de la discontinuidad de la materia a nivel microscópico y al tratar de dar razones de por qué se habían producido este fenómeno, los estudiantes respondieron explicaciones alejadas de la idea de discontinuidad. Los estudiantes son reacios a asumir que la materia es discontinua.

Haciendo uso de la discontinuidad a nivel macroscópico de la materia es posible aproximar a los estudiantes al concepto de modelo corpuscular de la materia. Los estudiantes se movilizan a pensar en la idea de

unidad constituyente cuando observan, bajo ciertas condiciones, discontinuo a un objeto que siempre han visto continuo.

Abordar el átomo implica considerar tamaños que no se encuentran en nuestra experiencia. Hecho que resulta ser un obstáculo para enseñarlo, ya que si no se tiene la noción de tamaño de un objeto no resulta sencillo “conocerlo”. En este sentido en cuanto a enseñanza es fundamental el papel de la imaginación del estudiante. Entonces las actividades que se planteen a los estudiantes con el propósito de que ellos consideren tamaños que no se encuentran en su experiencia sensorial, deben conducir a la imaginación por parte de ellos de dichos tamaños.

Bibliografía

- Adúriz, A. (2005). *Concepto de modelo científico: una mirada epistemológica de su evolución*. Buenos Aires: Fondo de cultura económica.
- Adúriz, A. B., & Morales, L. (2002). EL CONCEPTO DE MODELO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA –CONSIDERACIONES EPISTEMOLÓGICAS, DIDÁCTICAS Y RETÓRICAS. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 76-89.
- Angulo, M. P. (1995). CIENCIA, ETNOGRAFIA Y PODER . En P. H. Franceschi, *LA INVESTIGACION CUALITATIVA Y SU APORTE A LA INVESTIGACION SOCIAL* (págs. 7-15). San José: UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.
- Ávila, F. (2008). *Español Correcto para Dummies*. Norma: Colombia.
- Basabe, L., & Cols, S. (2007). La enseñanza. En A. R. Camilloni, *El saber didáctico* (págs. 125-158). Barcelona: Paidós.
- Bautista, G. (1998). *La fluidez y el equilibrio de los líquidos*. Bogotá D.C: U.P.N.
- Benarroch, A. (2000). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 235-246.
- Blackwell, R. J. (1986). *Christiaan Huygens' The Pendulum Clock*. Ames: Iowa State University .
- Bolívar, C. (2007). *UNA APROXIMACIÓN AL ESTUDIO DEL ÁTOMO, DESDE LA PEDAGOGÍA DE LA IMAGINACIÓN PARA LA ESCUELA PRIMARIA EN POBLACIONES VULNERABLES*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Camilloni, A. R. (2007). Didáctica general y Didácticas específicas. En A. R. Camilloni, *El saber Didáctico* (págs. 23-38). Barcelona: Paidós.
- Casassus, J. (2006). Aprendizajes, emociones y clima de aula. *Paulo Freire, Revista de Pedagogía Crítica* , 81-95.
- Castillo, I. B., González, J., Padín, L., Peral, P., Sánchez, I., & Tarín, E. (2010). *EL ESTUDIO DE CASOS*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid .
- Cedeño, M. (2001). Aportes de la investigación cualitativa y sus alcances en el ámbito educativo. *Actualidades Investigativas en Educación*, 1-19.
- Chamizo, J. (1996). ENSEÑAR LO ESENCIAL ACERCA DE LO MAS PEQUEÑO. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 88-94.
- Contreras, J. D. (1994). *Enseñanza, currículum y profesorado Introducción crítica a la didáctica*. Madrid: Akal Ediciones.
- Creswell, J. (1994). *QUALITATIVE INQUIRY AND RESEARCH DESIGN*. Vail: Universidad de Denver.
- Fenstermacher, G. D. (1989). La enseñanza. En M. C. Wittrock, *La investigación de la enseñanza I* (págs. 150-181). Buenos Aires: Paidós.
- Freyberg, P., & Osborne, R. (1998). *El aprendizaje de las ciencias: influencias de las ideas previas de los alumnos*. Narcea.

- Giordano, M. F., & Progré, P. A. (2012). *Enseñar para comprender*. Buenos Aires: Teseo.
- Gomez, I. (2013). *La evolución de la cooperación y el origen de la sociedad humana*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona .
- Izquierdo, M. (2004). UN NUEVO ENFOQUE DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA: CONTEXTUALIZAR Y MODELIZAR. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 115-136.
- Latorre, M. (2013). *¿QUÉ ES UN MODELO CIENTÍFICO? Introducción al MODELO T*. Lima: Universidad Marcelino Champagnat.
- Llorens, J. (1988). *La concepción corpuscular de la materia: obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje*. Valencia: Investigaciones en la escuela.
- MEN. (1998). *Serie de lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Bogotá: MEN.
- Mendivil, T. N. (2012). Sistema de Evaluación del Aprendizaje en los Estudiantes de Educación Superior en la Región Caribe Colombiana. *Dimensión empresarial*, 100-107.
- Nacional, M. D. (1998). *serie lineamientos curriculares*. Bogotá: MEN.
- Omar Raúl, M. G. (2002). *Finalidades y alcances del Decreto 230 del 11 de febrero de 2002*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Orozco, J. C. (2005). *ATAJOS Y DESVIACIONES. LOS ESTUDIOS HISTÓRICO-CRÍTICOS Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Paz, S. M. (2003). *Investigación cualitativa en educación: fundamentos y tradiciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Reyes, J. D. (2014). La organización de la experiencia y la elaboración de conceptos. *Física y Cultura*, 13-25.
- Serres, M. (1989). *Éléments d'Histoire des Sciences*. París: Edición Catedra.
- Smith, B. O. (1971). *Lenguaje y conceptos en la educación*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Timberlake, K. C., & Timberlake, W. (2008). *Química*. México: Pearson Educación.
- Toro, J. H. (2003). *Fundamentos de teoría económica: Un análisis de la política económica venezolana*. Caracas: Panapo.
- Velasco, R., & Garriz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación química*, 72-85.