



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES**

**Departamento de Educación**

**TESIS DE MAESTRÍA**

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO NATURALEZA DE LA  
MATERIA MEDIANTE EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS**

**JHON JAIRO HENAO GARCÍA**

**Manizales, Marzo de 2013**



# **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES**

**Departamento de Educación**

**TESIS DE MAESTRÍA**

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO NATURALEZA DE LA  
MATERIA MEDIANTE EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS**

**Investigación realizada en el marco de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias de la  
Universidad Autónoma de Manizales, por Jhon Jairo Henao García, bajo la dirección  
del Dr. Oscar Eugenio Tamayo Alzate**

**Manizales, Marzo de 2013**

**Autor**

**Jhon Jairo Henao García**

**Director**

**Óscar Eugenio Tamayo Alzate**

**A mis padres: Gabriel y Ana**  
**A mis hermanos: Luis Gabriel y Wilmar**

**Agradecimientos:**

A Dios por la fortaleza y el ánimo que me da para hacer las cosas lo mejor posible

Al Doctor Oscar Eugenio Tamayo Álzate por su apoyo incondicional, orientación y conocimiento puesto al servicio de la realización de este trabajo. ¡Muchas Gracias!

A los docentes de la maestría en Enseñanza de las Ciencias por sus aportes y enseñanzas.

A los estudiantes de la Institución Educativa Nuestra Señora del Rosario quienes hicieron parte del estudio y participaron de manera voluntaria.

A mis padres y hermanos por quienes siempre trato de hacer las cosas lo mejor posible, pues son mi espejo en todo cuanto hago.

A todos aquellos que de una forma u otra, participaron en la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>Introducción</b>	<b>7</b>
1. Planteamiento del problema	8
2. Justificación	14
3. Objetivos	17
4. Marco Teórico	18
4.1 Generalidades sobre las dificultades en la enseñanza y aprendizaje de conceptos científicos	
4.1.1 La concepción de ciencia de los profesores	13
4.1.2 Caracterización de la interacción entre las concepciones de los alumnos y los contenidos científicos que los docentes enseñan	20
4.2 Acercamiento histórico sobre la concepción de materia	22
4.3 Dificultades y oportunidades frente al concepto Naturaleza de la Materia	28
4.3.1 Teorías implícitas sobre el concepto Naturaleza de la Materia	28
4.3.2 Dificultades en la enseñanza del concepto Naturaleza de la Materia	34
4.3.3 Oportunidades en la enseñanza del concepto Naturaleza de la Materia	34
4.4 Sobre los problemas, diseño y metodología	42
4.4.1 Los problemas como insumos para la investigación en las aulas	42
4.4.2 Hacia la consolidación de un modelo investigativo	45
4.4.3 Acerca de los problemas	49
4.4.4 Sobre la metodología ABP	56
5. Proceso Metodológico	63
5.1 Diseño de la Investigación	63
5.2 Tipo de estudio	64

5.3 Unidad de análisis y unidad de trabajo	64
5.3.1 Unidad de análisis	64
5.3.2 Unidad de Trabajo	64
5.4 Técnicas e Instrumentos	65
5.5 Sobre la triangulación de la información	67
5.5.1 Selección de la información	67
5.5.2 Triangulación de la información	67
6. Análisis e interpretación de la información	68
6.1 Ideas alternativas sobre el concepto objeto de estudio	68
6.2 Trabajo de campo	87
6.3 Periodo post-aplicación	133
7. Discusión final	155
8. Conclusiones	169
9. Recomendaciones	171
10. Bibliografía	173
11. Anexos	183

## **Introducción**

El propósito de esta investigación fue el de caracterizar el concepto *Naturaleza de la materia* y el aprendizaje del mismo logrado a partir de la estrategia didáctica conocida como aprendizaje basado en problemas (ABP). Como tal, dicha estrategia es netamente colectiva, pero al final se hizo un ejercicio individual para ver el impacto que tuvo la misma. La idea de trabajar sobre problemas en contexto surge como una oportunidad para abordar conceptos en ciencia que son difíciles de entender por su alto grado de abstracción, como lo es, el concepto objeto de estudio de esta investigación.

La investigación intenta demostrar como las explicaciones de carácter macroscópico en torno al concepto al inicio del trabajo son altamente recurrentes, y al final del mismo marcan una tendencia hacia las explicaciones basadas en la discontinuidad de la materia; igualmente se ve como la explicación de fenómenos desde la composición atendiendo a descripciones microscópicas de los problemas presentados, llegan a ser representativos al final de la propuesta. A su vez, puede verse como ideas tendientes al movimiento y al vacío en las partículas se hacen presentes en las explicaciones de los estudiantes una vez la estrategia didáctica se introduce en el aula. Al final se destacan algunas características del aprendizaje logrado a partir de la estrategia didáctica.

## 1. Planteamiento del problema

En cualquier programa de química bien sea de tipo escolar o universitario, se trabaja sobre la idea que la materia es el componente principal de todo cuanto existe, además, se pretende estudiar el comportamiento, los fenómenos y los cambios que ocurren en ésta. La mayor dificultad por parte de un gran número de estudiantes esta en comprender qué ocurre en realidad cuando se dan cambios y transformaciones de la materia, y a la hora de dar explicaciones, éstos mismos plantean respuestas encaminadas sólo a resolver aquello que es aparente, limitándose a describir cambios de coloración, de estado o simplemente de apariencia.

Ese tipo de respuestas tienen su origen en teorías intuitivas, que como plantean Pozo & Gómez Crespo (1998), son producto de lo que podría llamarse el *sentido común* o el funcionamiento cognitivo intuitivo aplicado a la predicción y control de los fenómenos cotidianos.

Esta predicción hace que los modelos centrados en teorías implícitas sean tomados como correctos, ya que generan confianza por parte de quien los usa y son en muchas ocasiones tan acertados que resulta difícil pensar en otras alternativas para explicar un fenómeno concreto. Hablar entonces en términos del comportamiento y *Naturaleza de la Materia* en este contexto, es privilegiar las interpretaciones macroscópicas sobre las microscópicas de los fenómenos químicos.

Algunos autores como Benarroch (2000, 2001) y Pozo & Gómez Crespo (1998), han insistido en que una pobre imagen acerca de la naturaleza de la materia crea en los estudiantes imágenes banalizadas del comportamiento de los fenómenos que ocurren en

ésta y al entrar en contacto con modelos corpusculares que se enseñan en la escuela, no los utilizan de forma espontánea para sus explicaciones, recurriendo siempre a teorías cotidianas cercanas a las dimensiones físicas del mundo real (Pozo, Gómez Crespo & Sanz, 1999). Se tiene evidencia de muchos estudios que han abordado el estudio de *la Naturaleza corpuscular de la materia* ( Benlloch, 1997; Cuellar, 2009; Dominguez, de Pro & García-Rodeja, 1998; Gómez Crespo & Pozo, 2004; Krnel, Watson & Glazar, 1998; Johnson, 1998, 2000; Lee, Eichinger, Andersson, Berkheirmer & Blackslee, 1993; Renstrom, Andersson & Morton, 1990; Stavy 1995; citado por Pozo & Gómez Crespo, 2005) y en todos ellos se ha visto concepciones alternativas basadas en el poco aprecio del movimiento intrínseco que le dan los estudiantes a la materia, igualmente, la atribución del comportamiento macroscópico de las partículas y la no existencia de espacios vacíos, asumiendo entonces, la materia como unidad completamente continua, que se encuentra basada en apreciaciones concretas del mundo real que son elaboradas y construidas a través de la experiencia y de una pobre enseñanza del concepto.

Es entonces imperioso trabajar sobre estas teorías implícitas, reconociendo los obstáculos que generan éstas y ahondar en ellas, permitiendo la entrada de nuevos modelos que confluyan con los existentes para alcanzar procesos de enseñanza-aprendizaje más efectivos.

Frente a los hechos mencionados, donde se ven dificultades para entender conceptos y en especial la *Naturaleza de la Materia* (motivo de investigación en este trabajo), podría pensarse que el sistema didáctico evidenciado en las aulas de clase, tradicionalmente ha mantenido la constante de privilegiar al saber como el componente de mayor preferencia, en este sentido se da a entender al saber en sí, como el elemento principal dentro del

contexto educativo, bajo la idea de que lo importante es “aprender” y esto se consigue entendiendo los conceptos que el docente entrega, es decir, se asume que el mero hecho de recibir la información es más que suficiente para interiorizar una idea.

Seguido en relevancia al saber se encuentran los docentes, bajo la perspectiva de ser “dueños” del conocimiento y de ofrecer a los estudiantes lo que ellos consideren necesario, haciendo entonces que el aprendizaje se convierta en una simple acumulación de datos, cifras o algoritmos que en muchas ocasiones no tienen una intención definida y no son recreables en contexto. Pero, es importante aclarar que en la actualidad, los éxitos que se dan en la escuela, son logrados a partir de apuestas educativas diferentes en docentes que ven en la enseñanza un reto al que deben enfocarse esfuerzos para alcanzar aprendizajes en profundidad y con sentido (algo deseable y sobre lo que se debe apuntar en todas las disciplinas en los contextos escolares).

Por último, como dominio de menor “cuantía” podría decirse que se encuentran los estudiantes; se indica esto pues en muchas instituciones educativas se ve como éstos son tan solo acumuladores de información, los cuales muchas veces ni siquiera le ven sentido a lo que reciben, y solo atienden a responder acorde a las conveniencias de los docentes y lo que éstos quieren escuchar; por ello, indicar que a los estudiantes se les tiene en sentido de jerarquías, en el rango inferior, no es una idea descabellada; mas bien, es una realidad educativa.

Esta organización jerárquica ha permitido que al privilegiar al saber sobre los demás dominios, entonces, aquellos que lo reciben sean simples espectadores de la realidad,



esta, se muestra una intención marcada en quienes reciben el saber, con el fin de hacerlos partícipes activos de los procesos de aula, donde puedan verse verdaderas co-construcciones de los conceptos, apoyándose siempre por el acompañamiento y seguimiento del docente, que en un nuevo rol, no es solo aquel que transmite los conocimientos, sino que también, ayuda a elaborarlos.

Si esto se da, entonces, el aprendizaje que se genere al interior de esta relación será producto de procesos de reflexión, investigación y razonamiento colectivo donde el saber sea una construcción y no una entrega acabada, y donde los profesores pasen de ser figuras impositivas dueñas del saber, a ser co-constructores del conocimiento y acompañantes de los procesos.

El aprendizaje en tales términos, puede llegar a ser significativo en la medida que dichos saberes que se construyen y se elaboran de manera mancomunada tengan una fuerte conexión con los estudiantes, enmarcados en un contexto específico, y con ello logrando que un concepto de importancia como *Naturaleza de la Materia* pueda llegar a comprenderse mejor.

Por ello, la necesidad de trabajar sobre estas dificultades, y como propósito de esta investigación, hablar de la solución de problemas como ejes articuladores de la enseñanza (Hmelo-Silver & Barrows, 2008; Chin & Chia, 2006; Gascón, 1985; López & Costa, 1996; Lorenzo, 2005; Pomés, 1991; Sendag & Odabasi 2009; Sigüenza & Saenz, 1990) donde sean tenidos en cuenta en el campo de la enseñanza de la ciencias, donde han sido estudiados y documentados (Camacho & Quintanilla, 2008; Campanario & Moya, 1999;

García, 1998, 2000; Garret, 1988; Gil, et al, 1992; Perales, 1998; Sigüenza & Saenz, 1990; Sonmez & Lee, 2003).

Por todo esto, se espera que al trabajar sobre estrategias de solución de problemas inducidas por los docentes en el aula de clase, se pueda conseguir mejores resultados en cuanto al aprendizaje y adquisición de conceptos, que por su abstracción son difíciles de entender y comprender, como es el caso de la *Naturaleza de la Materia*.

## **2. Justificación**

Son muchas las dificultades que se viven al interior del contexto educativo, y pocas las oportunidades que se les brinda a los estudiantes para superar tales inconvenientes; el fracaso escolar, por ejemplo, es entendido por muchos como la imposibilidad que se tiene para comprender lo que es enseñado en la escuela, pero casi nunca se hace mención a que malas prácticas en el aula, son en gran parte, las responsables de tales situaciones.

En la enseñanza de la química, puede verse cómo los estudiantes interactúan con los contenidos a través de una exposición mecánica a una gran cantidad de hechos, teorías y conceptos, que en la mayoría de los casos se presentan como hechos aislados, como si se tratasen de pequeñas porciones sin relación alguna (Alzate, 2007), llevando esto a la presencia de confusiones que dan lugar a tergiversaciones difíciles de superar, aún en aquellos momentos que están previstos para la enseñanza y aprendizaje de los conceptos. Estos hechos en conjunto, dan lugar a irregularidades en las concepciones de los estudiantes que llevan a la presencia de ideas erróneas o alternativas que dificultan el aprendizaje.

Por ello, es en el aula de clase donde deben superarse aquellas dificultades de tipo conceptual, y en este aspecto, el docente debe propiciar los escenarios adecuados y las metodologías apropiadas para que la enseñanza se convierta en una verdadera experiencia que enriquezca los procesos, y no un simple acto de entrega de conceptos y fundamentos; que en la mayoría de los casos, se convierten en una simple acumulación de información que carece de significado.

Bachelard (1976); citado por Alzate (2008), por ejemplo, critica a la enseñanza de la química centrada en hechos y datos aislados que dan gran importancia a la apariencia, que implica la memorización y desprecia los procesos de formación y asimilación de conceptos. Tales estrategias de educación son de carácter transmisionistas y de concepción empirista de la ciencia generalmente inconsciente por los participantes, pero que alimenta la enseñanza basada en fenómenos químicos aislados, donde los contenidos tienen la mayor importancia en el devenir del aula y los estudiantes se dedican exclusivamente a recibirlos y replicarlos tal cual fueron enseñados.

Entonces, hablar de cualificación en los procesos de enseñanza y aprendizaje, implica una nueva mirada al rol que debe desempeñar el docente en el aula, pues de su actuar y formas de proceder, dependerá que se alcancen mayores niveles de desempeño en los estudiantes, queriendo con esto decir, que la figura tradicional impositiva del docente se configure a la de un tutor de los procesos que guíe, oriente y retroalimente los desarrollos en el aula.

Bajo esta mirada, se espera que puedan entenderse y explicarse situaciones cotidianas basadas en la racionalidad de la química en términos de la composición de la materia y no basadas en el realismo ingenuo dominado por la percepción que tenemos frente a éstas. Esto puede lograrse teniendo en cuenta estrategias encaminadas hacia la enseñanza de los conceptos científicos, y en este sentido, la resolución de problemas en contexto puede brindar oportunidades a los estudiantes, pues en términos de Barrows, (1986) puede llegar a ser un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos.

Igualmente, bajo esta metodología se puede llegar a promover el aprendizaje autorregulado a medida que los estudiantes generan estrategias para definir el problema, reunir información, analizar datos, construir hipótesis y ponerlas a prueba; además, el trabajo no estructurado impulsa al estudiante a identificar lo que sabe y lo que necesita saber, para resolver la tensión planteada en una situación problemática. *“Casi simultáneamente comienza a comprender más plenamente la situación, se da una progresión natural que lleva a categorizar las necesidades de información y las fuentes potenciales, al tiempo que ayuda a repartir tareas”* Torp (1998, pág. 45)

La investigación por su parte es viable y de bajo riesgo, pues el aporte de la misma servirá para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje del tema objeto de estudio; además, la participación mucho más activa y dinámica de los estudiantes con el acompañamiento permanente del docente (como tutor del proceso), puede ser más motivante y se pueden llegar a obtener mejores resultados a los obtenidos bajo metodologías tradicionales en donde impera la entrega de contenidos, que en muchos casos son ajenos al estudiante y no le encuentran sentido práctico a los mismos.

### 3. OBJETIVOS

- a. Caracterizar las ideas que tienen los estudiantes acerca del concepto *Naturaleza de la materia*.
- b. Diseñar y aplicar una propuesta de enseñanza para el concepto naturaleza de la materia
- c. Caracterizar el aprendizaje del concepto *Naturaleza de la materia*, logrado a partir de situaciones cotidianas basadas en la solución de problemas.

## **4. Marco Teórico**

### **4.1 Generalidades sobre las dificultades en la Enseñanza y Aprendizaje de conceptos científicos.**

La enseñanza de los conceptos científicos en el campo de la Química siempre ha traído dificultades, de forma generalizada en los docentes está el sentir que se trabajan conceptos abstractos de difícil explicación y, por ende, deficiente asimilación por parte de quienes lo reciben; por otra parte, está la posición de los estudiantes quienes ven en las ciencias poco interés, debido a su estigmatización al pensar que a éstas solo tienen posibilidad de acceder personas con ciertas capacidades “especiales”, es decir, hombres o mujeres que tengan en su ideal ser científicos o pertenecer a alguna comunidad de este tipo. Algunas de estas actitudes están influenciadas según Kauderer (1999), por aspectos generales tales como: la concepción de ciencia que tienen los profesores, la escasa interacción entre las concepciones de los alumnos y los contenidos científicos que los docentes enseñan y la influencia del medio sobre la enseñanza.

#### **4.1.1 La concepción de ciencia de los profesores**

Es posible reconocer que la mayoría de los docentes conciben la ciencia como un proceso que carece de conflictos y conjeturas, moralmente neutro, intemporal y universal (Kauderer, 1999); esta forma de actuar y de pensar del docente hace que se vea la enseñanza de la ciencia como una simple entrega de conceptos acabados, sin historia ni trascendencia, que no conducen a ningún lado y que no plantean refutación alguna. Al actuar de esta manera se notará como los estudiantes son incapaces de utilizar los conocimientos recibidos para la explicación de los fenómenos cotidianos, igualmente “no aprenden conceptos fundamentales de las ciencias sino caricatura de ellos, que conlleva en

últimas a ver la enseñanza poco divertida y frustrante”. (Brunner 1987, citado por Tamayo, 2003); éstos tal vez, son los mayores problemas que se evidencian y que alejan día a día más a nuestros estudiantes del querer aprender ciencias.

En el ideal de enseñanza estaría entonces, acercar al estudiante a una concepción epistemológica y socio histórica de la ciencia en el marco de desarrollos teóricos actuales (Duschl 1995, Izquierdo & Aduriz-Bravo 2009; Izquierdo 2005), en función de identificar aquellas características de la ciencia, del científico y de la investigación en la actualidad y, de manera particular, de lo que sucede con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en el contexto escolar en función de la generación de actitud crítica en los estudiantes, la cual debe ser uno de los objetivos que busque la formación en ciencias.

En tal sentido, entonces, la enseñanza de las ciencias ha estado bajo la influencia de los hechos, hipótesis y teorías; que en términos de Duschl, (1995) se denomina la ciencia definitiva o retórica de las conclusiones, donde la enseñanza solo se basa en los resultados de un largo trabajo y esfuerzo que han hecho los científicos para dar a entender sus ideas, y que a la hora de abordar los conceptos en el aula, no se hace el menor esfuerzo para dar a comprender que bajo el concepto elaborado, se encuentra una rica historia, que sería ideal conocer de antemano antes de pasar a los resultados de la misma.

Bajo perspectivas similares, Izquierdo & Aduriz-Bravo et al. (2009) exploran las ideas de los docentes sobre la naturaleza de la ciencia, las cuales pueden llegar a ser fundamentales en el desempeño de los mismos en el aula de clase; y es así como puede verse que las ideas de ciencia que presentan éstos, están influenciadas por ideas tendientes a la visión tradicional y simplista de la manera en la cual las hipótesis llegan a ser teorías, y estas

últimas, llegan a ser leyes; igualmente mantener la visión de que la ciencia es de carácter definitivo y absolutista, en lugar de ser provisional y hacer de la labor en ciencia una metodología rígida, basado en un método preestablecido, dejando a un lado la posibilidad de los múltiples y variados métodos que pueden servir para llegar a dar resultados favorables.

En los mismos términos Izquierdo (2005), insiste en la idea que la enseñanza de las ciencias debe tener una apuesta bien definida desde la intención por parte de los docentes, pues son muchos los que tienen la idea errada de asumir que lo que se enseña en el aula, es la ciencia propia de las disciplinas, y al ser así, no se llega a alcanzar el desarrollo de un tipo de ciencia específica (la escolar), que mediante un complejo proceso de transposición o reconstrucción didáctica conlleva a procesos de alfabetización y cultura científica, que son fundamentales para acrecentar en los estudiantes actitud crítica y reflexiva, tan carente en nuestros estudiantes, que se han acostumbrado solo al hecho de replicar lo recibido y a asumirlo como verdad indiscutible.

Entonces, en la medida en que el trabajo en el aula no se circunscriba al simple hecho de transmitir un conocimiento acabado, sino en el marco de una comunidad que vive constantemente en un mundo plagado por conocimientos de tipo científico, se verá un significado tal que produzca un cambio en la manera cómo piensa el estudiante; claro está, todo esto motivado por un cambio en los métodos y formas de enseñanza del docente.

#### **4.1.2 Características de la interacción entre las concepciones de los alumnos y los contenidos científicos que los docentes enseñan.**

Puede decirse que los estudiantes están sometidos constantemente a una experiencia de tipo sensorial, y en el devenir de dicha experiencia, se encuentran en la búsqueda de respuestas

a una serie de fenómenos que afectan e intervienen en su realidad; a partir de esto, el estudiante se hace a una idea y construye conceptos que acepta como valideros los cuales no necesariamente coinciden con los conceptos contruidos por las comunidades científicas.

Tal situación está determinada por la “traición” que hacen los sentidos a los estudiantes, al creer que todo puede ser comprobado por este medio y cuando entran en función conceptos abstractos se dan cuenta que aquello que no esté traspasado por lo sentidos es de difícil asimilación. Una de las razones para que esta dificultad se presente es *“la predominancia de la visión macroscópica sobre la microscópica”* (Pozo & Gómez Crespo, 1998 pág. 153), que permite observar todos los fenómenos que ocurren a nivel macro obviando la composición interna de las cosas (problema observado continuamente en química, especialmente en reacciones y comportamiento corpuscular de la materia).

Sumado a lo anterior está el problema del docente que en su función piensa la mayoría de las veces que lo que él propone (muchas veces con razón o no) es exactamente lo que sus estudiantes asimilan y es allí donde se imposibilita el diálogo, llevando consigo a errores de apreciación y adquisición de concepciones alternativas. En otras palabras se tiene la noción que *“las interpretaciones del docente son iguales a la de los educandos”* (Kauderer, 1999 pág. 213)

Además, de los factores antes expuestos, igualmente, se debe resaltar y reconocer que *“el sistema educativo ha sido territorio favorito de todos los voluntarismos”* (Chevallard, 1991 pág.13) y este tipo de acciones son las que posibilitan la desarticulación de la enseñanza con su razón de ser: formar y hacer de esta formación un instrumento para que los

estudiantes tengan cabida en un contexto y sepan desenvolverse en él con los insumos que la escuela da. Pero es natural que esto no suceda cuando son más importantes los intereses de tipo político y las exigencias externas que imponen ciertos requerimientos de “calidad” que lo- que hacen en últimas es encasillar a las personas y no reconocerles lo que son: individuos con capacidades y aptitudes de tipo específico.

De otro lado, el contexto en el que se desenvuelve el estudiante también marca las concepciones alternativas que se originan, y que son en últimas, uno de los obstáculos con mayor resistencia al cambio para comprender y aprender nuevos conceptos.

#### **4.2 Acercamiento histórico sobre la concepción de la materia**

Las primeras ideas sobre la constitución de la materia se le atribuyen a *Anaxágoras de Clazomene*, (500 - 428 a. C.) quien planteaba que la materia era indivisible, sin límites, compuesta por semillas (*spermata*) que correspondían a las cualidades de las cosas. Posteriormente, *Empédocles Agrigento* (495- 430 a. C.) decía que la materia se encontraba compuesta por cuatro raíces: Tierra, Agua, Aire y Fuego; cuya unión y separación estaban determinados por dos fuerzas divinas, una atractiva y otra repulsiva, que se presentaban como amor y odio.

*Leucipo y Demócrito* (460 – 370 a.C.) por su parte afirmaban que: “No existe más que corpúsculos y espacios. A cada momento los planetas chocan y mueren, y surgen del caos mundos nuevos por agregación selectiva de corpúsculos de magnitud y forma semejante” sin embargo, y aunque estaban muy cerca de la verdad, no contaban con los medios para probarla, eran simples supuestos. *Demócrito*, reconocido por la escuela atomista postulaba que la materia estaba compuesta sólo por átomos y vacío; “los átomos están en constante

movimiento, cualitativamente igual, pero difieren en forma, disposición y en tamaño, (siempre invisibles) unidos por ganchos"... decía.

En Asia en el siglo IV a.C. había tomado fuerza como interpretación del universo el atomismo, principalmente por los *Janaistas* y los *Budistas* de la India, después de los griegos. En uno de los textos hindúes más antiguos, el *Sasruta Sanhita* se declara: "cinco formas de materia existen en cada objeto del mundo, como resultado de su interrelación mutua"; los elementos correspondían al Aire, la Tierra, el Agua, el Fuego y el Sonido. Para los *Janaistas* todos los átomos eran idénticos y sus diferencias en combinación daban lugar a diferencias en las propiedades de los elementos, los átomos eran responsables de las cualidades del sabor, olor, color y tacto.

Por su parte, tanto para los budistas como para los griegos los átomos eran invisibles, inaudibles e intangibles, y cambiaban permanentemente; para ellos más que partículas los átomos eran: "*bultos de energía*". Hacia la misma época, el poeta romano *Lucrecio* (99 a. C. - 55 a. C), retomó las ideas de Demócrito en su famoso poema: *De rerum natura* (*sobre la naturaleza de las cosas*), donde planteaba las ideas sobre la naturaleza de los átomos y decía que los cuerpos son así mismo, o gérmenes primordiales de las cosas, o conjuntos derivados de los gérmenes primordiales.

Durante la edad media, España recoge las ideas de los árabes, judíos y cristianos, en esta época la ciencia en Europa era básicamente árabe y al producirse una fusión entre las civilizaciones antes mencionadas la *Alquimia* alcanzó un gran desarrollo donde ésta se dedicaba a estudiar las transformaciones de la materia, para con ello transformar al hombre.

Durante el siglo XVI en pleno Renacimiento, la ciencia occidental y la visión del mundo europeo sufren un dramático cambio, caso de ello es por ejemplo que *Paracelso* (1493-1541), consideró en contra de la doctrina de *Empédocles* y *Aristóteles* que son tres y no cuatro los elementos principales: el Azufre como principio inflamable, el Mercurio como principio volátil y la Sal como principio combustible.

El atomismo surgió con gran vigor en el siglo XVII, las razones para ello son varias; los experimentos comprobatorios del vacío, las concepciones mecanicistas del universo y el desarrollo del microscopio, con lo que se comprobó la *discontinuidad* de lo aparentemente continuo. *Robert Boyle* (1627-1691) fue uno de los principales expositores del mecanicismo, el que con su definición de elemento químico inició de manera sólida el camino que conduce a Dalton. En su libro *Sceptical Chymist* publicado en 1661, expresa: “Entiendo por elementos... unos cuerpos primordiales y sencillos que, al no estar compuestos por otros cuerpos o por otro cuerpo, son los ingredientes de los cuales están inmediatamente compuestos todos los cuerpos llamados mixtos perfectos\_(compuestos)”.

La influencia de *Boyle* sobre las concepciones corpusculares de *Isaac Newton* (1643-1727) fue seguramente muy grande, pues éste último introdujo para explicar la unión de los corpúsculos el concepto de fuerzas de atracción; con ello se abandonaron las ideas de los átomos enlazados por ganchos que se remontaba a Demócrito. *Newton* planteaba que: .... “Puesto que la naturaleza ha de ser perdurable, los cambios de las cosas corpóreas han de ser atribuidos exclusivamente a las diversas separaciones y las nuevas asociaciones de los movimientos de éstas partículas permanentes...” *Lavoisier* (1743-1794) al unificar los

conocimientos proporcionados por el descubrimiento de los gases, realizar experimentos cuantitativos con ellos y explicar la combustión a través de la presencia de un elemento -el oxígeno - realizó importantes avances en el camino que había trazado Demócrito.

Fue *John Dalton (1766-1844)*, quien empezó a dar indicios sobre la estructura atómica, maestro de escuela inglés interesado en determinar la composición del aire, llegó a la conclusión de que éste estaba constituido por los mismos gases, sin importar el lugar donde se tomaba la muestra; la explicación de tal observación radicaba en que estos debían estar constituidos por diminutas partículas que se difundían fácilmente, muy parecidas a las esbozadas por *Leucipo y Demócrito* siglos atrás. Todas estas investigaciones permitieron a *Dalton* formular su teoría atómica, la cual publicó en 1808 y en la que aseguró: “La materia está constituida por partículas diminutas y reales llamadas átomos, que a su vez son indestructibles, increables e indivisibles y no pueden transformarse en otras”.

*Michael Faraday (1791-1867)* por su parte, demostró que muchas sustancias eléctricamente neutras al ser disueltas en agua, dan lugar a un sistema conductor de energía eléctrica. En este proceso, la corriente eléctrica divide las sustancias, liberando partículas cargadas que son capaces de conducir la energía eléctrica. Los experimentos de Faraday indicaron la existencia de ciertas relaciones entre la electricidad y la materia.

*Wilhem Roentgen (1845-1923)* en la misma época de *Faraday*, trabajando sobre descargas a través de gases en 1895, descubrió que algunas radiaciones invisibles, procedentes de su tubo de descarga, podían pasar a través de papel negro y se detectaban, incluso, al otro lado de una puerta; al ignorar la naturaleza de estos rayos los denominó: rayos X.

*Enrique Becquerel (1852-1908)* influenciado por las ideas de *Roentgen*, de manera accidental descubrió la radioactividad en 1903 cuando tenía sobre su escritorio un trozo de mineral de uranio (sulfato de uranio y potasio), por casualidad lo dejó caer sobre placas fotográficas vírgenes y al examinarlas vio que estaban veladas, a pesar de que la luz no podía haber penetrando a través de sus envolturas intactas. *Becquerel* sospechó que el uranio debía emitir rayos capaces de atravesar el papel y aún el metal. Otros científicos entre los que se destacan los esposos *Curie*, observaron la misma propiedad en otras sustancias como el Radio y el Paladio, dándoles el nombre de sustancias radiactivas, Tales sustancias contienen átomos que sufrían desintegración (demostrando que los átomos no son indestructibles) y producían tres tipos de radiaciones: *rayos alfa*, *rayos beta* y *rayos gamma*

*Jean Perrin (1870-1942)* al someter los rayos catódicos a la acción de un campo eléctrico demostró que las partículas constituyentes de los mismos estaban cargadas negativamente. Los rayos catódicos se producían en un aparato llamado tubo de rayos catódicos.

En 1897 *J.J. Thomson* a partir de los trabajos de *Perrin* pudo concluir que los rayos catódicos estaban constituidos por una corriente de partículas cargadas negativamente, a las que llamó corpúsculos (hoy en día denominados electrones). De acuerdo con su razonamiento, un átomo debe tener la suficiente carga positiva en algún momento para neutralizar las cargas negativas de los electrones presentes. Pensó en una esfera de electricidad positiva, en la que estuvieran electrones de electricidad negativa.

A partir del descubrimiento de la radiactividad, *Ernest Rutherford (1871-1937)* y sus colaboradores, realizaron una serie de experimentos con la radiación producida por

elementos como el uranio, el paladio, o el radio. En uno de tales experimentos dirigieron estos rayos contra placas de oro delgadas y encontraron que aunque unos pocos fueron reflejados a diferentes ángulos con relación al eje del rayo incidente, casi la totalidad de los rayos traspasaba la película de metal. Los átomos no podían ser sólidos. A partir de estas experiencias propuso su modelo atómico.

Posteriormente *Niels Bohr* (1885-1962), insistió especialmente en que el átomo nuclear de Rutherford no podía sobrevivir si obedecía las mismas leyes que tan bien funcionan para dínamos y motores. En el modelo de *Rutherford*, los electrones circundan al núcleo como lo hacen los planetas alrededor del sol, pero hay una diferencia - al contrario de los planetas, transportan carga eléctrica - La rama de la física llamada electrodinámica asegura que, en esta situación los electrones deberían radiar energía continua y como resultado de su pérdida de energía debería precipitarse muy pronto sobre el núcleo; manifiestamente esto no sucede. *Bohr* a raíz de esto postuló que el átomo existe en un “estado estacionario” en el cual el electrón está en órbitas alrededor del núcleo sin emitir energía. Estas ideas se basaron en los trabajos de *Max Planck*, que introduce el concepto de cuantos de energía: “los átomos absorben o emiten energía en cantidades mínimas determinadas llamadas *cuantos*”.

A partir de los trabajos de Bohr, los aportes de *Heisenberg* y de *Schrödinger* se postula un nuevo modelo que podría prescindir de los conceptos mecánicos clásicos y desarrollar una teoría que permitiera explicar la estructura electrónica de los átomos a partir de conceptos meramente cuánticos.

### **4.3 Dificultades y oportunidades frente al concepto *Naturaleza de la Materia***

#### **4.3.1 Teorías Implícitas sobre el concepto *Naturaleza de la Materia***

Entender un fenómeno, significa en gran medida comprender la naturaleza íntima del mismo, y para ello, es necesario tener claridad conceptual sobre éste; en este sentido se puede decir que comprender fenómenos relacionados con la *Naturaleza de la Materia* requiere de fundamentos teóricos y conceptuales, tales que, puedan justificar el por qué ocurren y explicarlos basándose en las teorías que los sustentan. En la actualidad, y especialmente en el ámbito escolar, llegar a comprender simples fenómenos de la naturaleza resulta ser altamente complicado, debido a las inconsistencias conceptuales y teóricas que hay frente al entendimiento de un concepto base para la ciencia como lo es la naturaleza corpuscular de la materia; dicha situación está enmarcada por concepciones erróneas surgidas por deficientes prácticas de enseñanza y por la influencia de la cultura en el aprendizaje.

La literatura muestra un gran número de concepciones alternativas frente al concepto de la naturaleza corpuscular de la materia ( Benlloch, 1997; Cuellar, 2009; Dominguez, de Pro & García-Rodeja, 1998; Gómez Crespo & Pozo, 2004; Krnel, Watson & Glazar, 1998; Johnson, 1998, 2000; Lee, Eichinger, Andersson, Berkheimer & Blackslee, 1993; Renstrom, Andersson & Morton, 1990; Stavy 1995; citado por Pozo & Gómez Crespo, 2005) que corresponden en términos generales, a apreciaciones basadas en el poco aprecio del movimiento intrínseco, atribución del comportamiento macroscópico de las partículas, la no existencia de espacios vacíos y la materia como unidad completamente continua; que se encuentran basadas en apreciaciones concretas del mundo real en clara oposición con

aquellas de carácter científico donde se indica que la materia es de naturaleza discontinua, con movimiento intrínseco continuo y presencia de vacíos intermoleculares.

Además, estudios del mismo corte muestran como aspectos inherentes a la naturaleza de la materia tales como las características de las partículas, el espacio que existe entre ellas, el comportamiento de las partículas, el tamaño y la cinética intrínseca presente en la materia en diferentes estados (principalmente en estado sólido), son los principales problemas que tienen los estudiantes para entender el concepto (Renstrom et al; 1990; Griffiths & Preston, 1992; Harrison & Treagust, 1996; Johnson, 2000; Pozo & Gómez Crespo, 2005; Weller, 2008)

Lo recurrente sobre las concepciones alternativas frente al concepto estudiado, es que todas apuntan a una misma categoría basada en la continuidad de la materia, esto generado en gran medida, por la dificultad que se crea en los estudiantes entender que existe algo que es constituyente de todo cuanto existe, pero que no pueden observar ni evidenciar en su contexto; y no es de extrañar, pues a lo largo de la historia se ha visto como las discusiones acerca de la composición y estructura de la materia han sido a diferente nivel, y la historia muestra, por ejemplo, que los griegos aceptaban que “el todo” era el producto de la configuración de los cuatro elementos (aire, tierra, fuego, viento) como verdad irrefutable; y es solo hasta el siglo XVII cuando se empieza a creer con convicción que la materia no es simplemente el agregado de elementos individuales sino que están conformados por entidades no perceptibles, época en la cual John Dalton retoma las viejas ideas del atomismo griego y de algunos científicos contemporáneos de su época para sacar nuevamente a la luz el enigma de la “verdadera” composición de la materia.

Si esto ha mostrado la historia, entonces, es casi lógico el aceptar la discontinuidad de la materia como un asunto sumamente complejo, tal vez, por la dificultad que trae a los estudiantes entender lo “real”, de lo que no lo es, y en este aspecto, son nuestros sentidos los principales implicados en esto.

Ante tal situación sería correcto afirmar que lo “real” en sí, son manifestaciones de un sujeto cognoscente que ve y siente algo que para él tiene un valor de significancia y que lo reconoce como propio, en este reconocimiento no solo se tiene en cuenta lo tangible sino también lo intangible ya que “*a la par que se viven los contenidos reales, también se viven los contenidos abstractos que se hacen contenidos de conciencia*” (Husserl, 1929 pág. 352); es decir, lo que se encuentra realmente de un objeto aparente como tal (tangible) es la vivencia del fenómeno (abstracto) a través de la percepción la cual determina en sí misma la realidad del individuo (como tal se puede decir que la realidad de cada quien frente al mundo es completamente diferente y las representaciones que se hagan de éste son en últimas las que marcan diferencias entre los hombres), por ello las representaciones que se crean frente a los diferentes fenómeno tales como el de la *Naturaleza de la materia* son subjetivos, marcados por la experiencia, la sociedad y la cultura.

Cuando se le atribuye a alguien la percepción de algo se suele asumir que lo que es percibido existe, y que quien lo percibe lo sabe precisamente porque lo percibe” (Sanfélix Vidarte, 1998; citado por Vilorio, 1999), este atributo está cargado al sentido común y si asumimos que este está implícito en el lenguaje ordinario bien podría decirse que la percepción es un medio adecuado de obtener conocimiento. Pero hasta que punto ¿podemos solo confiarnos del sentido común y de nuestros sentidos para llegar a verdaderos juicios de

valor? ¿Será que en verdad el tener contacto con algo y ponerlo a prueba a través de los sentidos es más que suficiente para considerarlo como algo real?

Según, Johnstone, Sleet & Vianna, (1994) y Pozo & Gómez Crespo, (1998); la manera como los estudiantes ven y razonan el mundo natural que los rodea está marcado por una visión realista ingenua en la que se considera que cualquier hecho real es la imagen directa que detectan nuestros sentidos, por ello hablar de lo “real” es subjetivo y está también determinado por el modelo que se tenga del fenómeno en cuestión. A la vez que, las representaciones de origen intuitivo que creamos en el devenir del contexto, marcan una serie de ideas organizadas como teorías implícitas o concepciones alternativas (Benlloch & Pozo, 1996; citados por Pozo & Gómez Crespo, 2005) que pudieran originarse en los procesos cognitivos implícitos que sustentan una gran porción de nuestras interacciones cognitivas con el mundo.

El fin último de la alfabetización científica es en términos de Izquierdo & Adúriz-Bravo, (2009), intervenir en los fenómenos, comprenderlos y aprovecharlos para mejorar las condiciones de vida de la humanidad; que es difícil lograr, en parte, por la dificultad que existe para que las teorías científicas prevalezcan sobre las teorías implícitas, influenciado en parte, por las representaciones que se construyen en el contexto.

Ante tal situación, las representaciones podrían constituirse en auténticas teorías de naturaleza implícita (Carey, 1995, citado por Pozo & Gómez Crespo, 2005) las cuales tienen un origen sobre las representaciones del mundo real y el sistema cultural propiamente dicho; y cambiarlas, es uno de los retos en educación, pues llegan a ser tan consistentes y tan puntuales que a pesar de no poseer estructura interna y ser declarativas

son tan precisas que los estudiantes recurren a ellas para dar explicación sobre fenómenos particulares, aún después, de haber tenido conocimiento sobre teorías científicas que dan sentido al mundo y explican de forma razonable y lógica los diferentes fenómenos que afectan la realidad y nuestra realidad.

Entonces, comprender un concepto como el de la *Naturaleza de la Materia*, implicaría un cambio en la lógica a partir de la cual el estudiante organiza sus teorías; por ello, el paso de concepciones alternativas a las teorías científicas, implica superar el “realismo ingenuo” (Vosnadiou, 1994) e interpretar los fenómenos materiales asociados al concepto en cuestión, en términos de un sistema de interacciones dinámicas entre las partículas en movimiento intrínseco continuo separadas por vacío en el espacio; cosa esta deseable, pero cuando prima la metodología del sentido común o de la superficialidad (Gil et al, 1991; citado por Furiò & Furiò, 2000) se derivan conclusiones a partir de unas pocas observaciones cualitativas y poco rigurosas.

Ahora, cuando el docente en su clase se enfrenta a este tipo de concepciones lo primero que debería hacer es reconocerlas y trabajar sobre ellas para pensar su enseñanza, cuando se hace, se observa que el estudiante acepta fácilmente el modelo corpuscular que se le enseña, pero éste no se usa de forma espontánea y recurren nuevamente a sus teorías implícitas para responder a cualquier situación (Pozo, Gómez Crespo & Sanz, 1999), es decir, que la enseñanza se queda en muchas ocasiones circunscrita a ciertos fenómenos que son enseñados en el aula basados en el modelo corpuscular, pero que no son replicables a cualquier situación que lo demande.

Es así, como han existido numerosos estudios a nivel mundial que han trabajado sobre el entendimiento y la progresión del concepto naturaleza de la materia (Benarroch, 2000; 2001; Jiménez, Benarroch, & Marin, 2006; Furiò & Furiò, 2000; Margel, Eylon, & Scherz, 2008), y a pesar de la instrucción se ve como los estudiantes persisten en ideas alejadas de la realidad basándose en las experiencias sensoriales, y surgen ideas tan dispares como creer que el tamaño y el número de las partículas puede crecer o aumentar bajo diferentes condiciones (Griffiths & Preston, 1992; Lee *et al.*, 1993) y aunque la enseñanza dada traiga implícitas las nociones y teorías aceptadas científicamente sobre la estructura de la materia, muchas investigaciones indican que las ideas alternativas que han estado acompañando a los estudiantes son difíciles de erradicar y siguen presentándose confusiones conceptuales al respecto (Benlloch, 1997; Furiò & Furiò, 2000; Gómez Crespo, Pozo & Gutiérrez, 2004; Pozo & Gómez Crespo, 2005; Stavy, 1995; citado por Pozo & Gómez Crespo, 2005). Estas visiones distorsionadas de la realidad crean representaciones erróneas que llevan a ser aún más difícil el entendimiento de conceptos científicos basados en el concepto de materia.

Entonces, no se puede solo quedar con la sensación que enseñar el modelo de partículas es difícil por lo complicado que es erradicar las concepciones alternativas; se tiene entonces que ahondar sobre las dificultades que ha traído la enseñanza del concepto y las oportunidades en la enseñanza misma para intentar superar aquella “barrera” conceptual que dificulta comprender los cambios, transformaciones e interacciones que ocurren en la materia y que son los supuestos sobre los que se basa la enseñanza de la química en los diferentes niveles; desde la básica hasta la educación superior.

#### **4.3.2 Dificultades en la Enseñanza del Concepto *Naturaleza de la Materia***

La literatura muestra que los estudiantes han presentado siempre dificultades en el entendimiento de la estructura de la materia (Ben -Zvi, Eylon & Silberstein, 1986; Snir, Smith & Raz, 2003) motivados en un alto porcentaje por la presencia de las llamadas concepciones alternativas, que tienen una gran persistencia en las estructuras cognitivas de los estudiantes, producto del “sentido común” aplicado a la predicción y control de fenómenos cotidianos (Pozo & Gómez Crespo, 1998), al cual se hacía mención con anterioridad.

El concepto de materia es central en la enseñanza de la química, pues su entendimiento es fundamental para comprender la estructura de la materia y los cambios que ocurren en esta (Gabel, Samuel & Hunn, 1987; de Vos & Verdonk, 1996), además, es la base conceptual para muchos de los fenómenos que ocurren en la naturaleza, por ello, es un componente curricular que se expresa desde la etapa de educación escolar hasta la secundaria (Treagust, Chandrasegaran, Crowley, Yung, Cheong, Othman, 2010) con lo que un apropiado conocimiento sobre la *naturaleza de la materia* es esencial para entender conceptos químicos, pues es una de las ideas centrales de la ciencia moderna; sin embargo, como es bien sabido, es un tema muy difícil para que los estudiantes lo aprendan e interioricen, motivado en gran medida, al alto grado de abstracción que presenta este concepto. Sólo teniendo riqueza conceptual sobre este tópico se podrán superar muchas de las dificultades que se dan en todos los niveles de educación cuando se aborda la química en los currículos escolares.

El modelo corpuscular de la materia es casi un elemento imprescindible en los currículos de enseñanza de las ciencias. Como se ha mencionado, a los estudiantes les resulta extremadamente difícil “ver” en términos microscópicos lo que le ocurre a la materia cuando sufre algún cambio o transformación (específicamente a las partículas que la forman), entonces, dar un paso conceptual desde las ideas continuas a aquellas que involucran la idea de partículas es realmente complejo (Espíndola & Campanini, 2006; Talanquer, 2006) y para llegar a trascender en este aspecto es necesario comprender algunas de las dificultades que sobre la enseñanza del concepto se encuentran bien documentadas.

Gabel, (1998); citado por Furiò & Furiò, (2000) plantea que las principales dificultades que se presentan en la comprensión del complejo mundo de la química puede deberse a incomprensiones en las interpretaciones macroscópicas y microscópicas de los fenómenos químicos, y también, a la falta de relaciones entre éstos dos niveles de interpretación de la materia.

Es claro que dichas incomprensiones son uno de los obstáculos que se presentan con mayor frecuencia en las aulas de clase, y en la población general, alrededor de la concepción de la materia; esa dificultad de entender lo que sucede a nivel micro y trasladarlo al nivel macro es claramente una de las prioridades sobre las cuales se debe hacer mayor énfasis en la enseñanza del concepto, pues solo es en la escuela, donde se tiene la oportunidad de entender y comprender que aquello que a nuestros sentidos es estático, concreto y continuo, no es nada más que un agregado de partículas; por ello, las concepciones discontinuas no las presenta el mundo real, son un agregado educativo.

Y, aunque el sistema educativo se ha dedicado a impartir la idea aceptada de la ciencia que la materia es discontinua y presenta vacío, la teoría de partículas enseñada solo alcanza para algunas explicaciones no para todas (Wu, 2003), esto quiere decir que el modelo de partículas es conocido, pero no se puede aplicar correctamente en escenarios del contexto particular del estudiante, producto tal vez, de las estrategias instruccionales que no han sido muy efectivas para modificar la esencia de aquellas concepciones intuitivas profundas (Duit, 1999, citado por Pozo & Gómez Crespo, 2005).

Frente a esto, los estudiantes no activan las mismas representaciones para todas las sustancias, sino que éstas dependen de la apariencia perceptiva adoptada por la materia, tal vez, debido a las ideas preconcebidas que sobre los estados de la materia tienen los estudiantes. A manera de ejemplo, resulta complejo a estudiantes entender que los gases son algo sustancial (Furiò, Hernández & Harris, 1987; citado por Furiò & Furiò, 2000) debido a su naturaleza poco corpórea y a la escasa percepción que sobre estas sustancias se tiene. Es bien sabido, que esta idea es muy difícil de aprender en los estudiantes, en parte, porque es incompatible con muchas ideas intuitivas que ellos tienen acerca de la materia y sobre los modelos; por tanto, es extremadamente importante ayudarles a superar estas dificultades debido a su incapacidad de aprender el modelo de partículas, que incidirá sobre el aprendizaje de otros conceptos de ciencia en años siguientes (Snir, et al, 2003)

También se ha llegado al extremo en creer que la teoría corpuscular es un hecho conocido (Dorie, et al, 1989; Hurd et al; 1981; citado por Snir, et al, 2003) es decir, se tiene la idea falsa que los estudiantes presentan dominio conceptual frente a hechos conocidos tales como: la materia formada por partículas, presencia de vacío entre átomos o moléculas y el constante movimiento que se presenta en éstos; al tener esta idea desvirtuada de la realidad,

los docentes tienden a pasar directamente a la explicación de diversos fenómenos sobre la base de éstos hechos, demostrando esto claramente la concepción de ciencia y enseñanza de la misma que presentan algunos docentes, pues es concebida por parte de estos como un proceso que carece de conflictos y conjeturas, moralmente neutro, intemporal y universal (Kauderer, 1999)

Sabiendo todas las dificultades que se presentan al tratar de enseñar conceptos propios de la ciencia, entonces, es importante reconocer y saber que aprender ciencia requiere no solo ir más allá de las representaciones encarnadas e implícitas que nos proporcionan el equipamiento cognitivo de serie (Gómez Crespo, Pozo & Gutiérrez, 2004) sino redescubrir esa experiencia del mundo físico en nuevos niveles representacionales que solo son posibles mediante la instrucción; resultaría más sencillo, entonces, hacer de la coexistencia de las teorías alternativas o implícitas con las teorías científicas, un punto de partida sobre el cual los estudiantes puedan aprender, desaprender y volver a aprender.

#### **4.3.3 Oportunidades en la enseñanza del concepto *Naturaleza de la Materia***

Hasta el momento, se han mostrado las dificultades que imposibilitan el aprendizaje del concepto *Naturaleza de la Materia* cercano a las teorías científicas que lo sustentan; si bien, no se espera llegar en el ámbito escolar a un entendimiento profundo del concepto, si se aspira a que en tales contextos se pueda generar la capacidad de organizar un escenario en el cual se aprenda la ciencia que se enseña con una finalidad educativa, mediante un complejo proceso de transposición o reconstrucción didáctica (Izquierdo, 2005) que conlleve al desarrollo de un tipo de ciencia (la escolar), que aunque diferente en forma a aquella de naturaleza científica, tengan una misma intención a sus fines explicativos.

Al hablar de oportunidades, muchos estudios han tratado de develar las categorías explicativas que tienen los estudiantes cuando se enfrentan a problemas relacionados con el concepto objeto de estudio (Benarroch; 2000, 2001; Espíndola & Campannini, 2006; Johnson, 1998; Renstrom, et al; 1990) y en todos ellos se ve un alto porcentaje, como el pensamiento de partículas en los estudiantes es más cercano a la continuidad que a la discontinuidad. A raíz de esto, entonces, se crea la necesidad de superar los obstáculos que hacen ver a la materia como sustancia continua, de característica macroscópica y estática, apoyado por nuevos elementos que permitan la enseñanza adecuada del concepto.

Inicialmente, una de las situaciones que se vive de manera superlativa en los contextos escolares es la poca conexión que se da entre las situaciones reales y los contenidos científicos que se imparten, es decir, la “*contextualización de la ciencia*” (Wu, 2003) que debería ser uno de los hechos presentes siempre en la instrucción, pero que se vuelve algo casi inusual en las aulas de clase, y puede verse reflejado claramente esto en las diferentes respuestas que dan los estudiantes a cualquier fenómeno que tenga como base conceptual la *Naturaleza de la Materia*. Entonces, los conceptos acabados que se entregan a los estudiantes y que son la base sobre la cual se recrea la enseñanza por parte de muchos docentes, resulta ser tan poco significativo, que aquello que el estudiante reconoce como “verdadero” en el aula no resulta ser aplicable a las situaciones diarias; por ello, la activación constante de ideas alternativas que conducen a diferentes modelos categoriales de partículas, tales como, la designación de la materia como sustancia homogénea, continua y formada por un agregado de otras sustancias.

Preparar el terreno para la instrucción, resultaría entonces, una forma más lógica para introducir el modelo de partículas en las aulas (Snir, et al, 2003), si bien es cierto, que el

entendimiento de conceptos abstractos es un componente difícil de aprender, resulta ser mucho más, cuando en la enseñanza de los mismos parten de la supuesta idea que el estudiante reconoce el modelo y puede replicarlo, por ello, la constante de llevar conceptos “acabados” en la aulas es reiterativo. Como parte del desafío educativo, se debería entonces, llevar a los estudiantes de una forma más natural a la idea que la materia esta compuesta por partículas, teniendo en cuenta las ideas iniciales que puedan tenerse, y logrando la participación de los estudiantes en la generación de sus propias explicaciones para un conjunto diverso de situaciones que trabajen, en este caso, sobre fenómenos implicados con la materia; explorando igualmente, formas en que los sólidos, líquidos y gases se diferencien entre sí por patrones característicos que los distingan.

Entonces, en esa apuesta por involucrar a los estudiantes en la búsqueda de respuestas a diferentes fenómenos, se puede dar una redescrición de experiencias del mundo físico, es decir, una apuesta por el no proporcionar conceptos a los alumnos, sino en cambiar los que poseen, haciéndoles ver que el nuevo modelo explicativo es mejor, enfrentándolo a situaciones conflictivas que supongan un reto para sus ideas (Pozo & Gómez Crespo, 1998; citado por Giudice & Galagovsky, 2008). En ese orden de ideas, los conceptos concebidos como construcción colectiva, involucran no solo la participación del docente (que en la escuela tradicional es la norma) sino también del estudiante, el cual debe jugar un rol mucho más protagónico, pasando de ser un mero receptor a ser co-constructor de conceptos, basándose en las múltiples relaciones que puedan presentarse en conjunto con fenómenos físicos, apoyado siempre del docente que en su labor de tutor orienta, dirige y prepara el escenario para que lo expresado se lleve a cabo.

Así, la relación dada entre el docente, estudiante y concepto, pasa a ser mucho más dinámica pues la reflexión, la investigación y el razonamiento constante estarán presentes de forma sinérgica para que la adquisición de nuevos saberes y el aprendizaje de los conceptos sean un producto elaborado, y no una simple entrega sin conjeturas y dudas.

Ahora, teniendo una idea general sobre la adquisición de los conceptos mediante el trabajo colectivo, superar el realismo ingenuo en torno al concepto de *Naturaleza de la Materia* para llegar a la interpretación de los fenómenos materiales en términos de un sistema de interacción dinámica, puede ser posible, si se toma como elemento central la mayor dificultad que se presenta en los estudiantes, como lo es, la relación, contrastación e integración conceptual de los niveles macroscópico y microscópico (Gómez Crespo, Pozo & Gutiérrez, 2004; Pozo & Gómez Crespo; 1998, Wu, 2003)

En tal sentido, las estrategias de instrucción basadas en tales dominios, pueden llegar a permitir ir más allá de las estrategias expositivas, que tan poca significancia tienen, y lograr que el estudiante comprenda que las interacciones entre las partículas nos permiten explicar la apariencia macroscópica que adopta la materia en cada uno de sus estados, así como también, los cambios que toman lugar como consecuencia de las relaciones intrínsecas entre las partículas (Pozo & Gómez Crespo, 2005)

Cuando los estudiantes, mediante el trabajo mancomunado, participativo e integrador en el aula, logran comprender que la materia es el resultado de la interacción de partículas imperceptibles; pueden llegar a relacionar, contrastar e integrar, los fenómenos perceptibles de orden macroscópico y ver el vínculo que tiene lo que esta observando con lo que no, es decir, con la presencia de partículas. Pero para ello, es importante que el estudiante

reconozca el alcance de los modelos explicativos macro y micro respectivamente, sabiendo que el primero responde simplemente a una experiencia de tipo sensorial, y el segundo, a una explicación basada en teorías científicas adaptadas al contexto escolar. Podría decirse en este sentido, y como lo expresan Snir, et al (2003), que para crear un rompecabezas de orden conceptual en el caso del modelo de partículas, lo importante no es decidir que parte del modelo enseñar primero y que concepciones pre-requisito deben estar en su lugar, sino más bien, involucrar a los estudiantes en la explicación de una serie de fenómenos y en la evaluación de la adecuación explicativa de los modelos macro y micro.

Por último, todo el entramado conceptual que los estudiantes pueden llegar a construir en torno al concepto objeto de estudio (*Naturaleza de la Materia*), puede verse mucho más sencillo si se logran actividades secuenciadas de forma gradual, que permitan a los estudiantes integrar conceptos dentro de un modelo de construcción, desarrollando así comprensión conceptual importante (Singer, Wu & Tal, 2003) dado por el reconocimiento e integración que el estudiante pueda llegar a hacer de los diferentes niveles de descripción de la materia; es decir, el macroscópico que proporciona información valiosa sobre las propiedades y cambios, y el microscópico que indica la presencia de entes particulados que determina las características de la materia.

Si las representaciones macro y micro, generalmente atribuidas a teorías alternativas y científicas transpuestas, logran ser parte de un eje articulador explicativo para los fenómenos relacionados con la naturaleza de la materia, seguramente la comprensión sobre este hecho será mucho más representativo; claro está, teniendo presente que ambos son recíprocos, es decir, que lo aparentemente continuo (macroscópico) es gobernado por las interacciones de carácter discontinuo (microscópico).

## 4.4 Sobre los problemas, diseño y metodologías

### 4.4.1 Los problemas como insumos para la investigación en el aula

La investigación como elemento de formación del estudiante, debe contener como elemento esencial el ROL protagónico que se le debe dar a éste en su proceso formativo, es decir, una persona con la capacidad de pensar en forma reflexiva, autónoma, y en búsqueda de acceder a nuevos conocimientos.

Desde una mirada tradicional, el aprendizaje es visto como la apropiación de un nuevo conocimiento, en cierta medida esto es cierto, pero hay que resaltar que el solo hecho de enunciar unos buenos argumentos conceptuales por parte del docente no garantiza que el estudiante este aprendiendo en realidad; para que esto sea así, debe considerarse que el aprendizaje y la adquisición de nuevos saberes es tan complejo que la mera instrucción no es garantía de éxito, y que se requieren de manera decidida otras formas de proceder.

El siguiente cuadro muestra cómo ha sido la evolución de la relación docente – estudiante en la adquisición de nuevos saberes:

ANTECEDENTES EN LA EDUCACIÓN				
	<i>Nombre del acompañante</i>	<i>Función</i>	<i>Nombre del sujeto de la educación</i>	<i>Función</i>
1903	Profesor	Decir	Alumno	Oír
1925	Maestro	Explicar	Estudiante	Entender
1950	Docente	Demostrar	Discente	Experimentar
1975	Educador	Construir	Educando	Aprender
2000	Mediador	Transformar	Líder Transf.	Competir

Enseñanza       $\longrightarrow$       Aprendizaje  
Enseñar a aprender

Figura N°1: Tomado de Ianfrancesco, (2004); citado por Salas, (2005)

Si se es reflexivo en cuanto al desarrollo y evolución de tales relaciones, podremos ver que en la actualidad lo preponderante es adelantar esfuerzos para que nuestros estudiantes se conviertan en líderes transformadores de sus propias realidades y entren a “competir” en un mundo donde las demandas más exigentes no son aquellas de carácter conceptual, sino más bien, las que apuntan al desempeño frente a realidades circunstanciales.

Los saberes, entonces, más que medibles cuantitativamente en condiciones particulares, deben hacerse evidentes en aquellas situaciones donde los estudiantes puedan:

- Solucionar problemas con rigor y con sentido de responsabilidad.
- Tener decisión en la acción y en el proceder, reflexionando constantemente sobre su propia acción.
- Adquirir competencias que en términos de Sladogna, (2000); citado por Posada, (2004) son capacidades complejas que poseen distintos grados de integración y se manifiestan en una gran variedad de situaciones en los diversos ámbitos de la vida humana personal y social.

Si se quiere, entonces, que exista actitud científica en los estudiantes, se necesita un juego de ROLES diferente en la relación docente – estudiante necesaria para incentivar la investigación como componente reflexivo, crítico y creativo.

El aprendizaje alcanzado desde una nueva relación de roles, no es visto ya como una mera acumulación de contenidos, más bien, como una articulación de lo que se sabe con el nuevo conocimiento. Podría sonar paradójico, pero alcanzar un nuevo conocimiento requiere “romper” o cuestionar ciertos saberes implícitos que se encuentran en los estudiantes, poder articularlos y jerarquizarlos dependiendo de las necesidades explicativas que tengan uno y

otro; y aunque no es fácil, esto solo podría hacerse efectivo si los estudiantes ponen a prueba sus modelos mentales y relaciones con el mundo frente a las diferentes situaciones que puedan surgir en el contexto, claro está, con el acompañamiento permanente del docente, que más que un instructor, es un Tutor, que regula y acompaña el desempeño de los mismos.

Todas estas intenciones favorecen en gran medida unos propósitos educativos, tales como:

- Favorecer el proceso de aprendizaje.
- Promover la construcción de conceptos.
- Fomentar el pensamiento autónomo, autodirigido y autorregulado.
- Hacer de la pregunta un eje articulador para los nuevos conocimientos.

Ahora, ¿cómo es que el estudiante puede llegar a tener una participación mucho más activa al interior del aula de clase, propiciado por los esfuerzos y metodologías del docente? frente a esto resultaría aproximado plantear que para que existan aprendizajes significativos en términos de Ausubel, (1988) se requiere que la enseñanza parta en un alto porcentaje de las expectativas y gustos de los estudiantes, y más aún en la investigación, donde son protagonistas de primer orden.

Si los procesos investigativos parten de las necesidades, intenciones e interrogantes de los mismos estudiantes, seguramente, no solo desarrollaremos competencias específicas en ellos, sino también, el sentirse emancipados por la figura impositiva del docente que en la educación tradicional plantea lo que él cree interesante, sin contar con las opiniones y afecciones de aquellos a quienes se les imparte el conocimiento.

Teniendo el docente éstos elementos claros, entonces, muy seguramente el primer paso a seguir sería conocer los conocimientos que el alumno trae al aula de clases relacionados con los que el docente enseñará, producto de su devenir en el mundo; una vez reunidos los elementos, se implementa ahora sí una metodología que apunte al desarrollo y resolución de todos aquellos interrogantes e inquietudes que mueven la curiosidad de los estudiantes, y una vez hecho esto, se desarrollan los conceptos en un *marco teórico estructurante* (Mercé-Izquierdo, 2005) que es entendido como aquel que permite agrupar las ideas en un modelo teórico explicativo.

#### 4.4.2 **Hacia la Consolidación de un Modelo Investigativo**

Teniendo en cuenta lo expresado anteriormente, es necesario tener una base conceptual sobre la cual pueda darse la participación del estudiante en los procesos investigativos, es así, que un modelo investigativo de aula, debe tener elementos bien particulares y hacer que la actividad investigativa no recaiga siempre sobre el “dueño del conocimiento”, es decir, el docente; sino más bien, que sea compartido, distribuido y construido por el estudiante en acompañamiento permanente de su profesor.

Al respecto, Gimenez, Benitez & Osicka, (2002), desde su trabajo, citan a diferentes autores poniendo mucho énfasis en la manera como debe afrontarse la investigación desde una postura constructivista, que se entiende como aquella que busca hacer del aprendizaje algo dinámico, activo y representativo para quien está dirigido.

*“Aunque la concepción del aprendizaje como un proceso de investigación no es nueva, las propuestas coherentes con esta idea han adquirido un notable*

*desarrollo, especialmente desde posiciones constructivistas. Este modelo supone que en los aprendizajes significativos, los cambios conceptuales van acompañados de cambios simultáneos en los campos axiológicos, metodológicos y ontológicos (Cudmani, 2000)” citado por (Gimenez, et al, 2002)*

*“La metodología de proyectos de investigación es un modo de organizar el proceso de enseñanza-aprendizaje donde se aborda con los alumnos el estudio de situaciones problemáticas, favoreciendo la construcción de respuestas a los interrogantes formulados por estos” (Sánchez Iniesta, 1995)” citado por (Gimenez, et al, 2002)*

*“Los proyectos de investigación están relacionados con la realidad y parten de los intereses de los mismos, esto favorece la motivación y la contextualización de los aprendizajes, a la vez que aumenta su funcionalidad y propicia su aplicación a otras situaciones distintas de las estudiadas en el aula (Ander-Egg, 1995)” citado por (Gimenez, et al, 2002).*

La idea de enfrentar situaciones problemáticas, planteadas a partir de marcos teóricos ya establecidos, y desde posturas constructivistas, es un criterio flexible que permite al alumno conectarse con asuntos de la vida diaria y de la tecnología mediante un camino a través del cual, se intenta romper con la rutina tradicional (González, 1992). Por esto, es conveniente acercarnos a un modelo investigativo acorde a todo el planteamiento que se ha venido desarrollando, el cual ponga al estudiante en una posición de ventaja y control sobre la propia adquisición del conocimiento, (como se ha venido diciendo). Por esto, en aras de hacer un verdadero cambio a las formas de hacer investigación de carácter formativo, se

tomarán como punto de partida los problemas que sean relevantes y motivantes para los estudiantes y articularlos a un modelo didáctico por resolución de problemas que podría llamarse: *Modelo Constructivista de Investigación*, trabajado de manera congruente por (García, 1998; Garret, 1998; Gil, Martínez-Torregosa; Ramírez, Dumas-Carré, Gofard, Pessoa de Carvalho, 1992; Perales, 1998; Sigüenza & Sáez, 1990)

En este modelo, pueden integrarse las prácticas de la investigación tradicional, pero haciendo énfasis fundamental en los siguientes aspectos que apuntan a una investigación transpuesta al ámbito escolar:

- La investigación se plantea sobre problemas significativos para el grupo de trabajo, ya sean de carácter teórico o práctico.
- El investigador novel trabaja bajo la dirección y supervisión del investigador principal.
- La labor investigadora implica recurrir a distintas fuentes: explicaciones del investigador principal, búsqueda y consulta de bibliografía, entrevistas, visitas, etc., así como poseer habitualmente una dimensión práctica: diseño de dispositivos experimentales, calibrado de los mismos, recogida y tabulación de datos, utilización de paquetes estadísticos, etc.

- La enseñanza-aprendizaje de la Ciencia se convierte en una actividad con unos objetivos claros y explícitos para los alumnos, en la medida en que se intentan resolver problemas significativos para ellos, ya sea en razón de sus conocimientos previos, peso social, potencialidad para explicar otros fenómenos, etc.
- Este modo de trabajo aproxima al alumno al quehacer científico normal y, por tanto, destierra el modelo didáctico tradicional consistente en presentar la Ciencia como un contenido estático y cerrado.
- Sirve de aglutinante para el aprendizaje de las tres dimensiones básicas del conocimiento: conceptos (leyes, teorías, principios), procesos (destrezas y habilidades) y actitudes (normas, creencias, valores, hábitos) de un modo natural y dinámico.
- El problema representa el núcleo de la investigación, lo que implica que la enseñanza ha de plantearse en torno a interrogantes cuya respuesta ha de ser investigada.
- La resolución de problemas se convierte así en ocasión para el cambio conceptual, el aprendizaje de procesos y la adquisición de actitudes derivadas de la propia investigación.
- En esa línea, la resolución de problemas englobaría esencialmente y, bajo la dirección del profesor, el trabajo individual, el grupal y la comunicación de los resultados.

Todo lo anterior, puede posibilitar que el desarrollo del proceso de investigación de los estudiantes con cada docente se convierta en una secuencia de adquisición de competencias que le permitan contar con una apropiación metodológica investigativa que le genere capacidad de investigar por sí solo y de aportar sus competencias en momentos interdisciplinarios y dentro de cualquier contexto.

Igualmente, desplazar el interés del sujeto que enseña (Docente) al sujeto que aprende (Estudiante), desarrollando en él habilidades cognitivas y enseñarle a aprender por sí mismo, de manera auto dirigida, responsable y crítica; partiendo de los intereses y motivaciones explícitas a un marco conceptual estructurante.

#### **4.4.3 Acerca de los Problemas**

Resolver problemas es una de las tareas que a diario debemos enfrentar en la cotidianidad, y vemos que en cada ámbito de nuestro contexto se presentan, a nivel familiar, profesional, sentimental, etc. Por ello, no es ajeno que en la educación se hable de los problemas como ejes articuladores de la enseñanza (Hmelo-Silver & Barrows, 2008; Chin & Chia, 2006; Gascón, 1985; López & Costa, 1996; Lorenzo, 2005; Pomés, 1991; Sendag & Odabasi 2009; Sigüenza & Saenz, 1990) pues éstos al estar presentes en actividades que para nosotros son rutinarias, deberían ser parte de los currículos dedicados a las disciplinas escolares, especialmente en el campo de la enseñanza de la ciencia donde han sido estudiados y documentados (Camacho & Quintanilla, 2008; Campanario & Moya, 1999; García, 1998, 2000; Garret, 1988; Gil, et al, 1992; Perales, 1998; Sigüenza & Saenz, 1990; Sonmez & Lee, 2003)

Pero ¿qué entendemos por problemas y cuál es el objeto de los mismos? ¿Qué entendemos al indicar que los estudiantes están resolviendo problemas en clase, será que verdaderamente lo estarán haciendo? ¿En qué medida los docentes estamos capacitados para enfrentar una enseñanza basada en problemas? Son preguntas que deben hacerse de entrada, y mirar en qué medida somos conscientes del valor que tienen dentro del contexto educativo y hasta qué punto como docentes, sabemos las respuestas.

Inicialmente, trataremos el primer punto, haciendo hincapié sobre la importancia de reconocer lo que verdaderamente es un problema y qué demandas trae consigo el reconocerlos como tal. Algunos autores plantean los problemas como situaciones que demandan reflexión, búsqueda, investigación y donde para responder hay que pensar en las soluciones y *definir una estrategia* de resolución que no conduce, precisamente, a una respuesta rápida e inmediata. (Gaulin, 2001, citado por Coronel & Curotto, 2008). Definir una estrategia como tal, esta dado por la iniciativa y el estímulo que tenga el individuo frente a la tarea que debe llevar a solución; tal estrategia generalmente puede llegar a ser exitosa en la medida como sea encarada la tarea, o frustrante cuando lo que se quiere alcanzar es más una exigencia externa que la búsqueda consciente a un hecho.

Por ello, se habla de los problemas como situaciones estimulantes para lo cual el individuo no tiene respuesta, es decir, éste surge cuando el individuo no puede responder inmediata y eficazmente la situación (Woods, et al; 1985, citado por Siguenza y Saenz, 1990). La raíz, entonces, de la búsqueda decidida a la respuesta de un problema está en el interés y el estímulo que traiga al “solucionador” a dicha situación, pues de otra manera no será más que una exigencia o imposición externa que carece de iniciativa y de estímulo propiamente dicho, por ello, resolver un problema ha sido descrito como un proceso que requiere de

pensamiento creativo (Garret, 1988) es decir, pensar creativamente en la maneras o las formas de llegar a resolver un hecho.

Y es que pensar creativamente hace la diferencia frente a la solución, pues las distancias entre dos “solucionadores “de una misma situación radican en el hecho de encontrar la vía o la forma más eficaz y corta de llegar a una buena resolución; es así que, la estrategia que se tome en el momento indicado, será el punto de referencia para indicar que tan bien se ha abordado y trabajado sobre la situación problema. Por ello, pensar en una estrategia es indicio de la metodología para la resolución de problemas que en términos de Pómes, (1991) son estrategias intelectuales que favorecen el avance del desarrollo intelectual y que constituyen un poderoso y eficiente utensilio para conseguir las habilidades que involucran la intelección.

Hablar sobre una situación problema verdadera es abordar “*Problemas auténticos*” (Garret, 1988), en el sentido de problemas que plantean “buenas preguntas”: que hacen pensar, que el estudiante puede entender y compartir, que puede formular con sus propias palabras. Por ello la importancia de hacer la marcada diferencia entre los llamados “*puzzles cerrados*” y “*puzzles abiertos*” (en términos del mismo autor) en la medida que los primeros tienen una respuesta y que se sabe cómo solucionar, es decir, se resuelven mediante algoritmos claramente definidos y donde las respuestas se conocen de antemano; no se hace necesario en estos casos echar a rodar una ruta o estrategia metodológica para solucionarlos, pues la manera de llegar a su solución es casi siempre la misma; contrario a los segundos, donde la cuestión no tiene una solución clara y no existe un algoritmo que permita obtenerlo para llegar a solucionarlo, el individuo se basa no tanto en un algoritmo sino en la planificación

estratégica, que contenga una serie de pasos que requieren ser valorados tras la puesta en marcha de cada uno de ellos.

Dentro de los elementos necesarios para resolver problemas tipo “*puzzles abiertos*” en el ámbito de la enseñanza de las matemáticas Polya, (1965) y especificando a la heurística como la representante más genuina y requerida para la mayor parte de los problemas en las aulas, concibe tal resolución mediante una secuencia que trae cuatro momentos claramente definidos, los cuales pretenden enseñar a los estudiantes estrategias de resolución que les permitan resolver problemas con mayor acierto. Los momentos a los que se hace mención son los siguientes:

- Comprender el problema, es decir, saber cuál es la incógnita, cuáles son los datos que se tienen, cuál es la condición o las condiciones para que se de el problema; todos estos elementos son importantísimos a la hora de comprender la situación problema objeto de estudio.
- Concebir un plan, es decir, hacer un planteamiento procedimental basándose en ideas y experiencias previas a la solución del problema, por ejemplo, haciéndose preguntas tales como ¿se ha encontrado con un problema semejante? ¿conoce algún problema relacionado con éste? Tales cuestionamientos sirven para tomar los insumos de los posibles problemas desarrollados con anterioridad, y a partir de éstos, diseñar la estrategia en forma de plan para resolverlo.
- Ejecución de un plan, es decir, comprobar cada uno de los pasos propuestos en el plan y ver en qué medida son o no correctos.

- Visión retrospectiva, donde se verifican los resultados y ver en qué medida los mismos resultados se pueden obtener en forma diferente, o en su defecto, sirven para resolver otros problemas análogos.

Ahora, en el ámbito de la enseñanza de las ciencias Perales, (1998) & García, (2000) plantean de manera similar lo expuesto por Polya, (1965) que resolver un verdadero problema requiere más que un planteamiento premeditado, una estrategia que contenga elementos definidos para alcanzar éxito en la tarea propuesta. Frente a la definición de lo que es un problema; García, (2000) lo define como una situación que debe verse bien sea desde el grado de dificultad del individuo o desde el camino usado para la solución; desde la primera postura afirma que una situación se convierte en problema solamente cuando ha sido reconocido como tal, cuando corresponde a una duda carente de respuesta; y desde la segunda postura, indica que un problema es una situación en la cual se requiere del individuo un tratamiento distinto de una mera aplicación de fórmulas, es decir, que se analicen hechos y desarrollar una estrategia.

Las estrategias de las que habla Perales, (1998) están en el marco de un modelo de resolución de problemas el cual presenta características muy cercanas a las de Polya, (1965) en el sentido de trabajar también sobre estrategias heurísticas para su resolución; para ello también se vale de unas estrategias o pasos que pretenden enseñar a los estudiantes estrategias de resolución de problemas que les permitirán con mayor acierto llegar a solucionarlos; para ello, toma como fundamento las siguientes estrategias:

- Selección de la información pertinente, en esto, es importante conocer cuál es la incógnita implícita del problema para poder de esa manera recoger todos aquellos insumos que sirvan a la solución.

- Elaboración del esquema de resolución, donde el estudiante plantea la ruta metodológica para llegar a posibles conclusiones.
- Resolución propiamente dicha del esquema.
- Revisión del proceso, donde se hace autoevaluación de las etapas anteriormente mencionadas..

Como puede verse, este estilo de resolución puede adscribirse a las etapas descritas tempranamente por Polya, (1965) a partir de su análisis de modos de resolución de problemas por parte de los individuos.

García, (2000) por su parte, indica que la empresa de resolver problemas, además, de involucrar una serie de heurísticos generales propios del trabajo en ciencias, debe estar sustentado sobre un modelo de resolución que permita además de la capacidad para resolver situaciones problemas en contexto, una serie de posibilidades, entre las cuales se encuentran.

- Independencia cognoscitiva, que es entendida como la capacidad para realizar con autonomía las tareas cognitivas y participar activamente en el trabajo académico.
- Asimilación de conocimientos, que se entiende como la capacidad de los alumnos de realizar la transferencia de los conceptos y de las estrategias con el fin de resolver problemas (Bransford, 1993; citado por el autor) y así poder aplicarlos a la explicación de otros fenómenos
- Desarrollo de la capacidad de resolver, entendida como la capacidad para utilizar heurísticos y herramientas heurísticas, que conlleven a elaborar autónomamente procedimientos para la obtención de un resultado.

Como puede verse, la idea de modelo para la solución de situaciones problemas crea en el estudiante competencias que le dan la capacidad de realizar, resolver y asimilar tareas, conocimientos y procedimientos propios del trabajo en ciencias. Pero para llevar esto a cabo, se requieren de una serie de estrategias, que en términos del autor son las siguientes:

- Selección de situaciones con carácter creativo: Pues en la medida, que las situaciones sobre las que se trabajen tengan un entramado no estructurado y algo complejo (en la justa proporción) se tiene que esforzar un poco más para llegar a solucionarlas, usando para ello la creatividad.
- Diseño de un heurístico general: Que marca la estrategia o los pasos que deben seguir para llegar a la solución.
- El uso de herramientas de autodirección y control didáctico, que posibiliten una constante regulación y autoevaluación de los procesos
- Diseño de ambientes creativos, donde los estudiantes sientan una motivación intrínseca para solucionar las situaciones planteadas.

Al final, la primera pregunta que se plantea en el inicio queda circunscrita a entender que los problemas en la enseñanza, y especialmente, en los componentes científicos tienden a ser una buena estrategia para alcanzar en los estudiantes habilidades cognitivas y procedimentales, ayudados por los modelos y las tendencias que desde las disciplinas científicas algunos autores plantean. La resolución de problemas es, entonces, una manera de entender la realidad, de estar inmerso en ella y tratar de darle una posible solución, diferente a los tradicionales “problemas” cuya finalidad es seguir algún algoritmo simple o complejo, que lleva siempre a una única respuesta sin el beneficio de equivocarse.

#### 4.4.4 **Sobre la Metodología ABP**

En la década de los 60's un grupo de educadores médicos interesados por mejorar las prácticas educativas en estudiantes de medicina de la Universidad de McMaster (Canadá), reconocieron la necesidad de replantear sus planes de estudio ya que se evidenciaba la falta de preparación de los futuros médicos. Las prácticas convencionales al parecer no estaban dando los frutos esperados y a raíz de esto, surge una nueva manera de ver la educación médica con un enfoque distinto, basado en problemas.

El origen de este enfoque radicaba en el hecho de que gran parte de los conocimientos que tenían que aprender los estudiantes eran irrelevantes y no atendían a las expectativas de futuros casos con pacientes de verdad. Con este precedente, se introduce una nueva manera de abordar los temas, con el propósito de que el acto de enseñanza no sea unidireccional sino por el contrario multidireccional y apuntando hacia objetivos claros a partir del análisis y la solución conjunta de problemas en contexto que tengan relevancia para quienes están propuestos.

Es así, que el nuevo modelo llamado PBL (Problem Based Learning) de ahora en adelante ABP (por sus siglas en español), llamaba la atención en esa época por la incursión más decidida de poner al estudiante como el protagonista de las prácticas educativas y no tan solo como un espectador “privilegiado” del mismo. Aunque esta propuesta tiene sus orígenes en las escuelas médicas, podría ser igualmente sugerente en la enseñanza de las ciencias en los niveles de enseñanza obligatoria.

Para empezar debemos definir lo que busca el ABP y cómo se entiende este modelo.

Según Barrows, (1986); citado por Morales & Landa, (2004) se define como: *“un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos”*. El punto de partida que desestabiliza y promueve un aprendizaje más significativo, es el hecho que el problema se presente como una excusa para resolver una problemática al entorno de un contexto, colocando a los estudiantes frente a una situación confusa, no estructurada, ante al cual ellos asumen el rol de interesados y propietarios de la situación.

El mismo autor citado por Campo et al (2009) & Morales (2004) hace referencia a las características fundamentales que provienen del modelo desarrollado en McMaster y que pueden llevarse a un proceso didáctico en el aula:

- El aprendizaje está centrado en el alumno: bajo la guía del tutor que en este caso es el docente, los estudiantes deben tomar la responsabilidad de su propio aprendizaje.
- El aprendizaje se produce en pequeños grupos: la incidencia de trabajar con pequeños grupos radica en el hecho del desarrollo de mejores habilidades comunicativas y cooperativas.
- Los problemas forman el foco de organización y estímulo para el aprendizaje: al presentarse el problema, éste debe mostrarse con los insumos necesarios para “retar” a los estudiantes y lograr en ellos estrategias que conduzcan a la resolución del mismo, identificando la raíz del problema y determinando las condiciones necesarias para llegar a una buena solución.

Además, existen unos fundamentos teóricos que sustentan la efectividad del ABP, que según Albanese, (2000); citado por Tarazona, (2005) son los siguientes:

El concepto de aprendizaje dentro de un contexto, como se mencionaba anteriormente, que parte de la premisa de que cuando se aprende dentro de un contexto en el cual posteriormente se va a utilizar el conocimiento, se facilita el aprendizaje y la habilidad para el uso de la información.

La teoría del proceso de la información, en la que se muestra cómo el conocimiento se adquiere en un proceso que se inicia con la activación del conocimiento previo y termina con la construcción de un conocimiento propio a través de un proceso de incorporación

Y por último el aprendizaje en colaboración que define y exige la fijación de metas grupales.

Una enseñanza basada en *ABP* se fundamenta pues, en un contexto diferente con raíces constructivistas, mediante el cual el estudiante busca y selecciona la información, razona e integra los conocimientos previos y adquiridos dando finalmente unas posibilidades al problema planteado. *“Los conocimientos previos y la actividad constituyen los pilares fundamentales del aprendizaje”*. (Campo et. al. 2009 pág. 146 )

Igualmente, promueve procesos metacognitivos en los estudiantes ya que en la medida en que se generen estrategias para definir un problema planteado, reunir la información necesaria para ello, analizar datos, construir hipótesis y ponerlas a prueba, se está llevando a cabo procesos de regulación, monitoreo y control para cumplir con los objetivos planteados en la resolución del problema . Se podría decir, entonces, que *“los estudiantes desarrollan estrategias para impulsar y dirigir su propio aprendizaje”*. (Torp, 1998 pág. 36).

En el desarrollo propio del modelo ABP, se ve una gran incidencia en el aprendizaje auto dirigido, entendido como *“un proceso en el cuál los estudiantes toman iniciativa, con o sin la ayuda de los otros, en diagnosticar sus necesidades de aprendizaje, formulando objetivos, identificando recursos humanos y materiales, escogiendo e implementando apropiadas estrategias de aprendizaje, y evaluando resultados de aprendizaje”* (Knowles 1975; citado por Sofie, Joshua & Remy; 2008 pág. 417).

En la literatura del ABP, el aprendizaje auto dirigido se refiere a la *“preparación del estudiante para comprometerse en actividades de aprendizaje definido por él mismo, en lugar del profesor”* (Schmidt, 1993 pág. 418). El papel del profesor pareciera que es ajeno al estudiante en el enfoque ABP, pero lo que es cierto, es la presencia de una mayor responsabilidad por parte de éste, pues es el encargado de escoger los problemas objeto de estudio; pero no es sólo el hecho de escogerlos, sino hacer que éstos sean verdaderamente de interés general para los estudiantes y con un gran impacto en el contexto, pues en la medida en que sean significativos la motivación intrínseca de los estudiantes será mejor, propiciando escenarios favorables para la enseñanza. Se trata, además, de conseguir que *“el alumno convierta en suyos los problemas que elige el profesor como punto de partida en el proceso de aprendizaje”*. (Campanario, 1999)

Este modelo, aunque no es perfecto, tiene elementos muy interesantes para superar dificultades grandes en la enseñanza de la ciencia, pues en éste el docente se convierte en un tutor o guía del proceso de enseñanza/aprendizaje, además, el libro de texto ya no contiene la verdad *“última”* sino que es más uno de los tantos instrumentos de búsqueda y recolección de la información, los contenidos no son imposiciones sino acuerdos de grupo y

el contexto juega un papel de gran importancia, pues a partir de este se tratan problemas reales que tocan directamente a los estudiantes.

#### 4.4.5 **Sobre el diseño de los problemas**

Si bien es cierto, la resolución de problemas debe tener un alto contenido de creatividad, también lo es el hecho que, en el ambiente escolar, es importante diseñar situaciones problema que sean interesantes, estimulantes y tengan una gran representatividad en el contexto que se encuentra el estudiante. Por ello, no es un tema menor pensar en el cómo plantear y diseñar tales situaciones, pues el éxito de resolución también se ve afectado si las situaciones son complejas, difusas, frustrantes y poco interesantes; entonces, para evitar esto, es necesario darle coherencia a las situaciones planteadas en contexto, para ello, la enseñanza de las ciencias nos ofrece fuentes de problemas desde la historia misma de las ciencias (García, 1997), cuyo objetivo central sea el de instar al estudiante a resolver problemas similares, a los que se presentaron a lo largo de la historia y que constituyen los pilares centrales de los conceptos científicos hoy día.

Dentro de éstas fuentes para la elaboración de problemas, tenemos las siguientes (Cortés, (1992); citado por García, (1997)

- Hechos que a lo largo de la historia de las ciencias presentaron un carácter inexplicable y que en su momento condujeron a plantear problemas científicos
- Dado el desarrollo histórico de un tema, hacer el análisis del conocimiento científico y tecnológico que fue siendo alcanzado, como también el conocimiento previo para este desarrollo.

- Conociendo el estado de arte presente en un área de conocimiento, reconstruir a través de la evolución histórica, los pasos que fueron necesarios para alcanzar la condición presente.

Como puede verse, si se trata de la enseñanza de conocimientos científicos mediante la resolución de problemas, se hace necesario partir de la historia misma de las disciplinas para tomar de ellas los elementos fundantes que hicieron posible su desarrollo. Además, de las fuentes para la elaboración, también es importante la búsqueda gnoseológica para el diseño de las mismas, donde se pueden ver las siguientes (García, 1997)

- Cuestionamientos históricos: ¿Cuándo aparece por primera vez el concepto? ¿Cuál es su historia?
- Cuestionamientos Epistemológicos: ¿Cuál es la génesis del concepto a enseñar? ¿Qué problemas trataba de resolver? ¿Qué visión del mundo presenta este concepto?
- Cuestionamientos de estructuración conceptual: ¿Cuáles son los requisitos conceptuales para comprender este nuevo concepto? ¿Qué conceptos pueden ser derivados a partir de él?
- Cuestionamientos Contextuales: ¿Qué fenómenos naturales y cosas de la vida diaria están relacionados con el concepto?

Entonces, las situaciones que se plantean teniendo en cuenta tales fuentes y criterios deben adaptarse a las necesidades de la enseñanza y la de los estudiantes, pues en últimas, lo que se pretende es alcanzar en ellos niveles significativos de abstracción a partir de la resolución de las situaciones que se planifican. Al ser la ciencia una construcción social, entonces, se hace relevante la emergencia de la historia en la adquisición de conceptos de

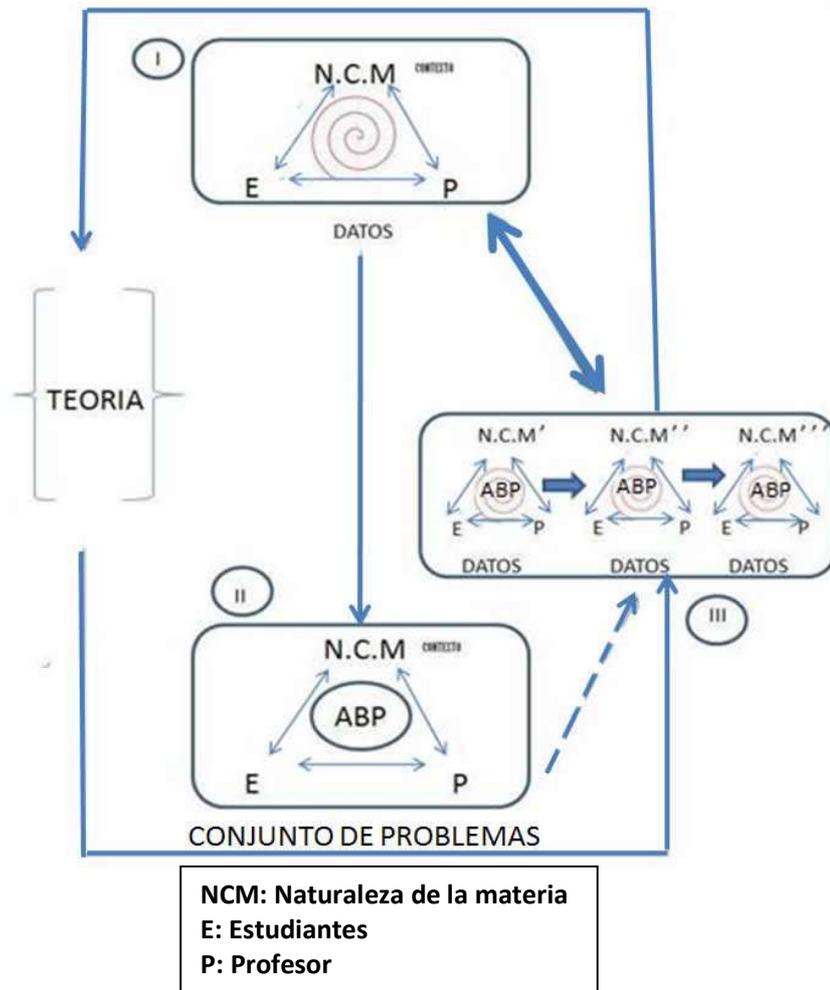
naturaleza científica y la cohesión con los conocimientos previos que tengan los estudiantes; a modo de ejemplo, la noción de la naturaleza corpuscular de la materia se vio enfrentada a una serie de anulaciones debido a su carácter abstracto y poco tangible, lo que hizo posible su aceptación fue el contemplar las ideas desarrolladas desde la antigüedad y cómo se daban respuestas parciales a los problemas que trataban explicar, en torno, a la composición de la materia.

Por otra parte, Camacho & Quintanilla, (2008) frente al mismo tópico, plantean desde la misma lógica de García, (1997) que el diseño de las situaciones problema tendrá éxito si se tiene en cuenta la resolución de problemas desde la historia de la ciencia, para ello, plantean que los elementos que deben tenerse en cuenta para alcanzarlo sean los siguientes:

- Situaciones significativas para los estudiantes que aprenden, es decir, que tengan una gran representatividad en el contexto que se encuentran
- Situaciones similares a los contextos científicos reales, es decir, que éstas tengan una gran similitud a las experiencias que hicieron posible el desarrollo de los conceptos
- Situaciones relevantes para la disciplina científica que se enseña, es decir, que tengan interés para el concepto científico que queremos desarrollar en los estudiantes.
- Situaciones que sean factibles de ser enfrentadas por los estudiantes de manera similar a los científicos.

## 5 Proceso Metodológico

### 5.1 Diseño de la Investigación



**Figura N°1: Diseño de Investigación.** En este puede verse las etapas en las cuales se hará el trabajo investigativo, atendiendo a las relaciones entre concepto – estudiantes y profesor. (Puede apreciarse una línea discontinua desde el paso II al III debido a que la resolución de los problemas se hizo de forma paulatina, por ello, al resolverse cada uno de ellos se pretendió ver cuáles eran las ideas pertenecientes al objeto de estudio de este trabajo. La línea un poco más pronunciada entre I y III hace referencia a las comparaciones hechas entre las ideas iniciales y las finales, una vez se introdujeron las estrategias en el aula)

## **5.2 Tipo de estudio**

El presente trabajo de investigación es descriptivo de corte cualitativo en el que se hizo un estudio de caso que consiste en proporcionar una serie de situaciones que representen problemáticas diversas de la vida real para que se estudien y analicen, de esta manera, se pretende afianzar en los alumnos la generación de soluciones frente a las mismas. Por otra parte y considerando lo que expresa Merriam, (1988) sobre el estudio de caso, puede decirse, que es una exploración de un sistema ligado de un caso o múltiples casos, cuya recolección de información envuelve múltiples recursos de información ricos en contexto.

Es descriptiva, en tanto que tiene por objeto obtener una o más categorías en una población bien definida; igualmente trata de comprender y resolver una situación, necesidad o problema en un contexto determinado (Cisterna, 2005); es seccional por cuanto se refiere a un momento específico – el momento de formación de estudiantes de grado octavo del colegio Nuestra Señora del Rosario- y micro social puesto que hace referencia a un grupo social pequeño al interior del sistema educativo del Municipio de Villamaría (Caldas – Colombia).

## **5.3 Unidad de Análisis y Unidad de Trabajo**

5.3.1 **Unidad de Análisis:** Caracterización de las ideas que tienen los estudiantes acerca del concepto *Naturaleza de la Materia* cuando se utiliza una metodología basada en problemas para su enseñanza

5.3.2 **Unidad de Trabajo:** 18 estudiantes que pertenecen a Octavo grado de la Institución Educativa Pública Nuestra Señora del Rosario del Municipio de Villamaría (Caldas- Colombia)

#### **5.4 Técnicas e Instrumentos**

En primer lugar, las concepciones alternativas de los estudiantes frente al concepto *Naturaleza de la Materia* fueron estudiadas. Tan pronto fueron reconocidas, se procedió a realizar una serie de actividades encaminadas a la resolución de problemas en contexto que llevó al alcance de conceptos más elaborados en el ámbito de estudio, y por último, se hizo una evaluación del alcance de la actividad para evidenciar cómo aplicaban el modelo de partículas que aprendieron los estudiantes. A continuación, se muestra con más detalle lo expresado:

En un primer momento, se aplicó un instrumento a los estudiantes (INSTRUMENTO 1) para indagar las concepciones o teorías alternativas que tenían frente al concepto *Naturaleza de la Materia*; para ello, resolvieron un cuestionario elaborado a partir de un video sobre un personaje de caricatura llamado “Gasparín”, en tal video, se presentaba una situación sobre la cual se fundamentaba la elaboración del instrumento que constaba de preguntas abiertas y elaboración de representaciones gráficas para poder evidenciar qué concepción tenían los estudiantes sobre la materia y sobre que ideas fundamentaban sus explicaciones.

En un segundo momento, se hizo el análisis respectivo frente a las concepciones encontradas en el primer instrumento y una vez identificadas, se elaboraron entonces una serie de instrumentos de lápiz y papel encaminados a la resolución de problemas que tenían como fundamento de explicación la *Naturaleza de la Materia*; en ellos, el trabajo se realizó de manera cooperativa en grupos de máximo 4 integrantes atendiendo a heurísticos para resolución de problemas.

El primero de ellos (INSTRUMENTO 2) trabajó sobre un modelo análogo para inducir dentro del ciclo de aprendizaje el modelo de composición de la materia; para ello, se hizo

énfasis en las etapas de resolución de problemas planteadas teóricamente por Perales, (1998) & García, (2003) donde el trabajo se basa en estrategias heurísticas de resolución. El objetivo teórico de esta actividad dentro del trabajo investigativo, fue inducir a los estudiantes al trabajo en ciencias mediante un fenómeno cuyo funcionamiento interno pudiera ser inferido por las salidas o comportamientos externos; es así que, la actividad denominada “la caja negra” permitió a los estudiantes involucrarse en una situación análoga a la que a diario viven los científicos en aras de hallar una “verdad” mediante la resolución de un problema y que sirvió, además, como insumo para entender el modelo de partículas que se imparte a nivel escolar.

Los siguientes (INSTRUMENTO 3 y 4) tuvieron por finalidad la resolución de dos problemas utilizando las mismas etapas de resolución que se mencionaban anteriormente; en el primero de ellos se abordó el problema de una bomba que se infla al ser sometida al fuego, allí los estudiantes debieron atender a las indicaciones dadas en los heurísticos para resolver la situación y llegar a una explicación válida; lo mismo que para el problema llamado “la estructura misteriosa” que tuvo por finalidad llegar al entendimiento de una idea que por su abstracción es difícil de entender y comprender (la idea de vacío molecular). Ambas situaciones fueron abordadas atendiendo al trabajo cooperativo, en el que se busca hallar respuestas a objetivos comunes planteados en las estrategias de resolución de problemas.

En un tercer momento, y pasado cuatro semanas desde la aplicación de los instrumentos, se introdujo en el aula una actividad (INSTRUMENTO 5) que tuvo por fundamento explicar tres situaciones cotidianas y sencillas; en ellas, se trató de hacer la distinción entre explicaciones del orden macroscópico y microscópico, pues el hacerlo, dió indicios de

entender que los cambios y transformaciones que ocurre en la materia son explicados a partir de la composición de la misma y no de su apariencia.

## **5.5 Sobre la Triangulación de la Información**

### **5.5.1 Selección de la información**

En primer lugar, se distinguió la información que servía con fines para la investigación, de aquello que no. Uno de los criterios usados para ello fue el de la *pertinencia* que se relaciona con la temática de la investigación; una vez seleccionadas las respuestas pertinentes se procedió a cumplir con el segundo criterio que es el de la *relevancia*, que se devela ya sea por su *recurrencia* o asertividad en relación con el tema de investigación.

### **5.5.2 Triangulación de la información**

El camino que se propuso fue a través del procedimiento inferencial (Cisterna, 2005) que consiste en ir estableciendo conclusiones ascendentes, agrupando las respuestas relevantes por tendencias, que pueden ser clasificadas en términos de coincidencias en cada uno de los instrumentos aplicados, en un proceso que parte desde las subcategorías, pasa por las categorías y llega hasta las opiniones inferidas en relación con las preguntas centrales que guían la investigación propiamente dicha.

- Se cruzaron los resultados obtenidos a partir de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas, lo que dio origen a las conclusiones de primer orden, en estas se dieron lo que pueden llamarse las *subcategorías*.
- Se cruzaron dichas conclusiones de primer orden agrupándolas por su pertenencia a una determinada categoría, y con ello se generaron las conclusiones de segundo orden, que correspondieron a las conclusiones *categoriales*.

## 6. Análisis e Interpretación de la información.

### 6.1 Ideas alternativas sobre el concepto

En una actividad introductoria, se usó un instrumento diseñado por el investigador que tenía por finalidad indicar las ideas implícitas en los estudiantes sobre el concepto objeto de estudio en esta investigación; para ello, se ilustró una situación en la cual estaba como protagonista un personaje de caricatura (Gasparín) que tenía una característica particular, ser un “Fantasma”; hacer un instrumento sobre esta idea tuvo por objetivo indagar y recoger respuestas de los estudiantes frente a las situaciones de “algo” cuya composición es no tangible, e igualmente, ver en qué medida aplicaban sus conocimientos apriorísticos sobre la noción de materia ante las situaciones preguntadas.

Se utilizó un video de aproximadamente 5 min de duración titulado “el generador del sol”, en éste, el personaje vive una situación bien particular pues tiene la misión de hacer que el sol vuelva a brillar pues un conjunto de extraterrestres le han robado su “generador” y ha perdido su brillo; teniendo en cuenta esta trama, se indicaron una serie de preguntas que apuntaban a objetivos claramente definidos, y a partir de las respuestas dadas en el instrumento, generar una propuesta alternativa para superar las dificultades conceptuales que se pudieran dar.

Una vez visto el video, se plantearon preguntas las cuales trataban de manera indirecta aspectos inherentes a la *Naturaleza de la Materia*; a continuación se hará una descripción detallada de la información recogida.

Frente a la pregunta *“Gasparín tiene la capacidad de pasar a través de las paredes sin ninguna dificultad, ¿qué características tiene Gasparín para hacer esto? Justifica tu respuesta”*

En el video se observaba claramente como Gasparín atravesaba paredes sin ninguna dificultad, al ver esto, los estudiantes seguramente tenían que hacer mención a las características del personaje para dar explicación al fenómeno consultado, o en su defecto a las que presentaba la pared; entre las respuestas dadas por los estudiantes tenemos las siguientes:

*Est 3: “Como Gasparín no tiene cuerpo físico, no hay nada que le impida atravesar muros y demás cosas. Es como transparente.....”*

*Est 5: “Pues Gasparín es un fantasma o sea que solo es un espíritu, que se alejó de su masa corporal o sea que por decir es transparente porque es un espíritu”*

*Est 7: “Ya que es un fantasma y no tiene cuerpo, puede traspasar cualquier cosa como las paredes”*

*Est 11: “Que es un fantasma y los fantasmas son espíritus que flota, es un aire o es liviano”*

*Est 14: “Pues este pasa a través de las paredes porque es un fantasma y está hecho solo como gases que hace que nada lo detenga y éstos puedan seguir derecho”*

*Est 20: “Pues Gasparín es un fantasma, es como una telita que se puede atravesar pues no necesita comida ni agua, es muy delgadita”*

Las concepciones antes mencionadas, que corresponden al 30% de la muestra, apuntaban hacia la posible composición de Gasparín, en todas ellas, mencionaban que la posibilidad de atravesar paredes estaba dada por la característica que presenta su estructura, es así,

como el estudiante 3 mencionó que al no tener cuerpo físico entonces atraviesa las paredes y los cuerpos sólidos -tal afirmación muestra que todo aquello que no sea tangible o sea “transparente” seguramente puede traspasar objetos sólidos como la pared-; la misma afirmación prevaleció en el estudiante 5 donde indicó que al ser un espíritu y “transparente” tiene la capacidad de pasar a través de objetos sólidos. Entonces, la idea de la no apariencia está marcando en estos estudiantes la posibilidad de que aquello que no pueda verse no existe o está formado por “nada”; algo semejante ocurre en el estudiante 7 cuando afirmó que al no tener cuerpo entonces atraviesa las paredes. En los estudiantes 11, 14 y 20 ocurre algo bien particular y es que aceptaban la idea que Gasparín al ser un fantasma estaba formado de aire, gases o una telita muy delgada que lo formaba, marcando de esta manera la idea de pensar en el aire y los gases en general como sustancias no materiales, tal vez, valiéndose de la apariencia que presentan dichas sustancias.

Todas estas creencias manifiestan que la composición de Gasparín está constituida por alguna sustancia que sea transparente, liviana, que flote y no sea perceptible; en los estudiantes estas afirmaciones apuntan a pensar en los gases y el aire como sustancias no materiales, intangibles y formadas por “nada” pues pueden atravesar estructuras sin ninguna dificultad.

Sobre el mismo tópico otro grupo de estudiantes afirmaron que la capacidad que tenía Gasparín de atravesar objetos sólidos estaba dada simplemente porque es un fantasma, pero no indicaron en ninguna de sus explicaciones las razones del porqué podía pasar a través de las paredes. Algunas de las respuestas fueron las siguientes:

*Est 1: “Gasparín es un fantasma y según se dice es por eso que puede pasar a través de las paredes fácilmente”*

*Est 4: “Gasparín es un fantasma, debido a esto tiene la cualidad de traspasar las paredes”*

*Est 9: “Pues que Gasparín es un fantasma y como todo fantasma no se ve”*

*Est 10: “Pues que es un fantasma y se supone que es invisible porque así siempre ha sido la idea de un fantasma”*

*Est 13: “Además que es un fantasma, se vuelve invisible y es como sino existiera”*

*Est 15: “Que es un fantasma y no se aporrea si toca o traspasa la pared”*

*Est 16: “Es un fantasma y los fantasmas atraviesan los sólidos”*

*Est 19: “Que es fantasma y los fantasmas pueden atravesar paredes”*

Tales explicaciones sobre la capacidad de Gasparín para atravesar las paredes, estuvieron dadas en términos simplemente de las creencias y las evidencias tangibles sobre el comportamiento del personaje, tales cuestiones se evidenciaron en las respuestas de los estudiantes 1, 4, 9, 15, 16 y 19 que representan el 30% de la muestra, en todas sus afirmaciones indicaron simplemente que al ser un fantasma entonces atravesaba las paredes; el hecho de observar en el video tal cualidad, fue mucho más que suficiente para expresar tal respuesta, en otras palabras, lo que está atravesado por los sentidos es mucho más que suficiente para explicar el fenómeno.

El estudiante 10 frente a la misma pregunta, indicó lo siguiente...“*que es un fantasma, se supone que es invisible porque siempre ha sido así la idea un fantasma*”... reafirmando de esta manera que las creencias generales sobre el fenómeno es un hecho más que

contundente para dar una posible explicación; complementando tal afirmación está el estudiante 13 que indicó que, además, de ser fantasma, *“se vuelve invisible y es como si no existiera”*, indicando nuevamente la prevalencia de las experiencias sensoriales que se sobreponen a las explicaciones basadas en la posible composición.

Para terminar, algunos estudiantes respondieron lo siguiente a partir de la misma pregunta:

*Est 2: “Porque es un espíritu por ende no es una persona de carne y hueso, es algo que no tiene cuerpo”*

*Est 8: “Porque él no es sólido”*

*Est 18: “Porque es blanco por completo, está muerto y además todos saben que los fantasmas pueden atravesar objetos sólidos”*

Estos tres estudiantes, que representan el 15% de la muestra al indicar que se trata de un espíritu, el no ser sólido y que es blanco por completo, demuestra que éstos dieron explicaciones basándose en las experiencias del medio, lo que éste le brinda y lo que el contexto ha creado en torno a las explicaciones sobre los fantasmas.

Los Estudiantes, en un 100% frente a esta pregunta, coincidieron con la idea que Gasparín puede atravesar paredes pues es *“invisible, transparente, no tiene cuerpo, es liviano y flota”*; estas características las asocian con su composición gaseosa. Podría decirse, entonces, que piensan en los gases como sustancias que no poseen materia ya que pueden atravesar objetos sólidos. Todas esas definiciones acerca de las características de Gasparín apuntan a una descripción continua del fenómeno, pues cuando hablan acerca de lo que le permite pasar a través de las paredes, se notan claramente ideas alternativas sobre la

composición de los gases, al pensar que no hacen parte de compuestos materiales por las características que se le atribuyen; igualmente, no se insinuaron en ningún momento las características estructurales que presentaba la pared para poder pasar a través de ella, solo se basaron en las cualidades del personaje pero no en las de la pared, tal vez, debido a la creencia de la estructura rígida que presenta ésta.

Una de las preguntas del instrumento que es un buen complemento a lo expresado con anterioridad fue la siguiente: “¿De qué crees que está hecho Gasparín? Justifica tu respuesta”. Las respuestas de los estudiantes apuntaron a lo siguiente:

*Est 8: “De un tipo de gas”*

*Est 9: “De aire”*

*Est 11: “De aire porque es algo que no ve como el aire”*

*Est 15: “De aire o viento muy reunido”*

*Est 16: “Esta hecho de aire”*

*Est 19: “De gases”*

En las respuestas de éstos estudiantes, que representan el 30%, se notó de manera clara como insistieron en la idea que Gasparín estaba compuesto de gases, aire o viento, éstas ideas asocian la composición de los gases con la del personaje simplemente por el hecho de tratarse de algo que flota, es liviano y “transparente”; una vez más se da por sentado que las experiencias sensoriales son sumamente importantes en éstos estudiantes para dar explicaciones de corte cualitativo. Del total de los estudiantes, éstos mostraron que Gasparín estaba hecho a partir de gases pero no dieron información extra que indique que piensan acerca de los mismos.

Otro grupo de estudiantes apuntaron a las siguientes explicaciones sobre la composición de Gasparín.

*Est 1: “Puede ser que esté hecho de gas o algo parecido y eso es lo que le permite el paso a través de las paredes, los objetos, etc.”*

*Est 2: “Puede ser un gas o una apariencia sin forma”*

*Est 3: “Diría que está hecho de algo que no tiene nada de sólido, así que podría ser alguna especie de vapor o algo parecido”*

*Est 4: “De un material gaseoso porque es la materia que posee más movilidad”*

*Est 6: “De gas pues levita y sus partículas no tienen una forma exacta”*

*Est 10: “No sé, creo que de gas porque puede traspasar las cosas”*

*Est 14: “Yo creo que Gasparín está hecho de gases para que pueda cruzar paredes, debe estar formado por algo liviano, gases”*

*Est 17: “De aire porque puede pasar por todas partes”*

Este grupo de estudiantes indicaron que Gasparín “*está hecho de gases o alguna sustancia de apariencia similar*”, además, le dieron algunas propiedades a estas sustancias, es así como los estudiantes 1, 10, 14 y 17 que conforman el 20% de la muestra indicaron en conjunto que los gases “*pueden traspasar cosas, cruzar paredes o pasar por todas partes*”; claramente se intuye que a este tipo de sustancias le dieron una composición continua, pues no se indicó la presencia de partículas o entes microscópicos que hagan parte de éstas. Cuando expresaron la capacidad que tienen los gases de atravesar sólidos, se está mostrando que no tienen forma, estructura y que la “nada” posiblemente haría parte de ellos.

Por otra parte, los estudiantes 2, 3, 4 y 6 que conforman el 20% dieron la explicación en términos de alguna característica observable, pues dijeron que los gases “*no tienen nada sólido, poseen mucha movilidad, levitan y no tienen forma exacta*”; esto está indicando que algunas características equivocadas de los gases, sirvieron como símil para dar explicaciones en torno a la composición de Gasparín (el personaje del instrumento), cosa recurrente en algunas otras respuestas.

En última instancia, indicaron un par de estudiantes que en verdad lo que permitía a Gasparín atravesar las paredes era el hecho de estar conformado de “nada” y al ser así, entonces resultaba muy sencillo pasar a través de éstas. Aquí dos respuestas que apuntaban a este hecho:

*Est 18: “De nada, es un ser que no existe, que no tiene algo en su cuerpo”*

*Est 20: “Pues yo creo que de una telita pero muy delgadita que uno la toca y no se siente o puede ser de nada”*

La idea de la nada radica, tal vez, en el hecho de asumir que algo que pueda atravesar las paredes sin problemas no tiene composición, es decir, al ver los estudiantes que el personaje no tuvo dificultades al pasar a través de una pared hizo que pensarán que esta formado por algo relacionado al mundo macroscópico, en este caso lo más cercano puede ser el aire o cualquier gas. Entonces, la idea de la “nada” o la de los gases y el aire formados por “nada” cobra fuerza, y es una de las concepciones que se encuentran en los estudiantes.

Todas las respuestas a esta pregunta estuvieron dadas en una apreciación continua de la materia; se puede decir esto, pues con el pretexto de indagar por la composición de

Gasparín se puede ver que existe una idea claramente recurrente en los estudiantes y es la de pensar en los gases como sustancias carentes de una composición material, además, con atributos que se contraponen a las ideas científicas sobre la composición y estructura de los gases. A su vez, el hecho que no hicieran mención a la pared, puede indicar que es algo que no reviste mayor importancia en las explicaciones de los estudiantes, pues el mérito que atribuyen éstos de pasar a través de la misma, en este caso, puede ser más por el hecho que Gasparín sea un fantasma que por atributos de la composición de la pared.

Además, de las preguntas antes mencionadas, se intentó obtener información sobre la composición de la materia teniendo en cuenta algunas situaciones hipotéticas que pudieran mostrar las ideas que sobre el tema tenían. Es así, como se planteó la siguiente pregunta:

*“Tu cuerpo puede pasar a través de un cuarto lleno de gas, igualmente, puede pasar a través del agua cuando llegas al fondo de una piscina, pero NO eres capaz de hacerlo a través de una pared. ¿Por qué razón no lo puedes hacer? Justifica tu respuesta”.*

Así como Gasparín tuvo la facilidad de pasar a través de sólidos, nosotros también podemos pasar a través de ciertas sustancias, por eso, era importante conocer las razones que daban los estudiantes para que esto pudiera darse.

*Est 1: “Porque tenemos un cuerpo sólido eso nos permite pasar a través de las paredes”*

*Est 2: “Porque la pared es algo que tiene forma concreta y es sólida al igual que nosotros. Algo que no tiene el gas ni el agua”*

*Est 3: “No puedo porque tanto el gas como el agua son sustancias que no tienen gran consistencia, pero una pared es sólida al igual que mi cuerpo”*

*Est 5: “Ya que el gas es un estado físico disuelto en el aire, y el agua está en estado líquido y la pared es una masa dura de concreto y nuestro cuerpo también, al juntarse dos masas duras y firmes se chocan”*

*Est 8: “Porque una cosa sólida no puede traspasar algo sólido”*

*Est 15: “Uno puede pasar por un gas como el oxígeno y también por el agua, pero si intento con una pared me choco y me aporreo”*

*Est 16: “Porque la pared debe de estar congelada”*

*Est 17: “Porque es sólida y uno no puede pasar”*

*Est 19: “Porque es sólido y además yo tengo piel, huesos, carne”*

En todas las definiciones anteriores que corresponden al 45% los estudiantes, se dio a entender la imposibilidad de pasar a través de objetos como las paredes, *“porque son sólidas, al igual que nosotros también lo somos”*; por ejemplo los estudiantes 1, 2, 3, 5, 8 y 19 hicieron comparaciones de la apariencia de la pared con su propio cuerpo, seguramente al observarlos vieron que son duros, compactos e impenetrables, entonces, basándose en dichas observaciones es que dieron las explicaciones del por qué no podemos pasar a través de una pared, aquí nuevamente la visión macroscópica y lo que nos informan los sentidos son las únicas herramientas que tienen éstos estudiantes para explicar el fenómeno.

Por su parte, los estudiantes 16 y 17 fueron más simples en sus explicaciones pues no hicieron comparaciones como los anteriores y se limitaron simplemente a indicar lo que veían, es decir, que la *“pared debe estar congelada, tal vez, porque es dura y sólida, y al ser así entonces uno no puede pasar”* Son respuestas que no demandan mucho esfuerzo porque es simplemente la breve descripción de un hecho conocido por ellos, en la que no se vio el más ligero intento para explicar por qué se daba el fenómeno.

Por último, el estudiante 15 hizo también comparaciones de hechos conocidos para explicar por qué no podemos pasar a través de una pared, en tales comparaciones afirmaba “*Uno puede pasar por un gas como el oxígeno y también por el agua, pero si intento con una pared me choco y me aporreo*”, tal vez, porque son hechos que ve continuamente en la cotidianidad y que el medio le muestra a diario; en tales descripciones simples tampoco se mencionó la raíz del por qué se puede pasar a través del agua, el aire y no por las paredes, simplemente se evocó lo que él ha visto y sentido.

Otro grupo de estudiantes que representan el 20% dio explicaciones un poco más en el sentido de la forma y composición de los materiales, es así como respondieron lo siguiente:

*Est 6: “Porque los átomos de la pared tienen estructura uniforme y organizada lo cual hace que la pared sea sólida e impenetrable”*

*Est 7: “Porque las moléculas de las cosas sólidas están tan juntas que no las podemos atravesar”*

*Est 10: “Por el estado de la materia, cuando es una pared son partículas más juntas lo que lo hacen sólido, cuando es gas son partículas separadas lo que puede hacer que traspase”*

*Est 13: “Porque las partículas no dejan pasar porque son compactas”*

En estas respuestas que representan el 20% de los estudiantes, se mostró como hacen uso de explicaciones no tan concretas sino más formales, en términos de dar explicaciones al por qué de los hechos. Aparecen palabras como “*átomos, moléculas y partículas*”, que dan cuenta de la composición “*íntima de los materiales*”. Ahora, tales descripciones en los estudiantes 6 y 13 tuvieron ciertas inconsistencias con respecto a los criterios básicos científicos sobre la *naturaleza de la materia*; pues dieron a entender, por ejemplo, que tales “*átomos*” tenían estructura uniforme, organizada y que eran compactas, como si fueran un

todo y no una unidad independiente, dándoles de esta manera propiedades macro a entes particulados.

Por otro lado, los estudiantes 7 y 10 dieron afirmaciones más en términos unitarios, pues indicaban que para que las cosas sean sólidas se requiere que las moléculas y las partículas estén juntas o separadas para que tengan otra composición diferente. Aquí, pues, se dió un buen intento por tratar de explicar el por qué, y se nota en las expresiones de los estudiantes nociones básicas sobre la *naturaleza corpuscular de la materia*.

Por último, otro conjunto de estudiantes que representan el 35% frente a la misma pregunta, dieron sus respuestas en términos de algunos atributos que presentaban las sustancias, es por eso que aparecieron respuestas tales como:

*Est 4: “Porque la pared es rígida y sólida, en cambio el gas y el agua no son estables”*

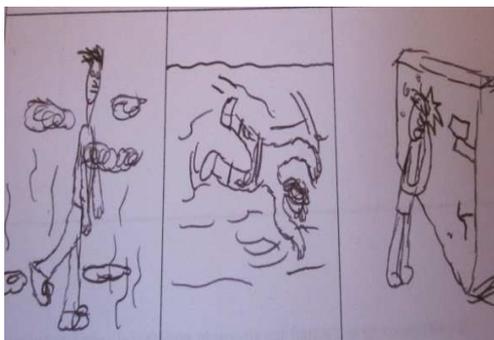
*Est 14: “Porque no puede pasar a través de la pared porque es un material muy fuerte que no deja que uno pase y lo que es el agua y gas es un material más liviano”*

*Est 20: “Porque el gas en este caso es aire, se podría decir que es transparente y casi todo lo transparente se atraviesa”*

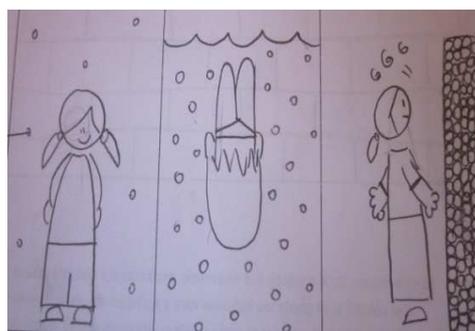
Tales explicaciones tenían como fundamento el pensar que la imposibilidad de atravesar las paredes radicaba en el hecho de ser sustancias muy “estables” o “fuertes” pero en ningún momento comentaban el porqué de la estabilidad o la “fuerza” de las mismas, igualmente, apareció nuevamente la idea de los gases como sustancias transparentes que pueden ser traspasadas simplemente por el hecho de no ser tangibles y presentar esa apariencia a nuestros sentidos.

En general, podría pensarse que en las respuestas hechas por los estudiantes se pudo ver como apuntaban a descripciones observables de los materiales, más o menos correctas de acuerdo a lo que ellos pueden ver, tocar y sentir; pero muy pocos hablaban de átomos o partículas que las forman. Se mantuvo la constante de una visión continua en la que la composición de la materia se explica en términos macroscópicos muy alejados a los conceptos que se aceptan en el modelo de partículas.

Los estudiantes también elaboraron representaciones gráficas sobre la situación formulada, se puede indicar que el 85% de éstas están ubicadas en el ámbito de la naturaleza continua de la materia, donde no hubo explicación en términos de la composición sino de la apariencia, además, ilustraban las situaciones de forma tal que mostraban como lo perceptible tiene un gran peso explicativo; en solo el 15% de las imágenes dibujadas se vio el esfuerzo por indicar que la materia tenía una esencia particulada que la hacía tomar varias formas.



**Fig. 1 Idea Continua de la materia**



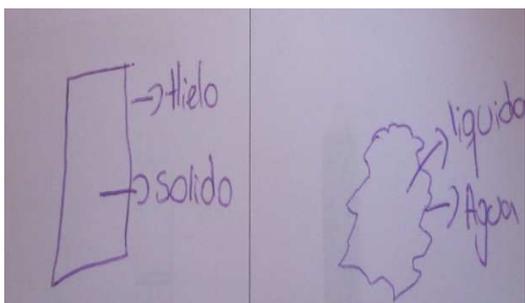
**Fig. 2 Materia formada por corpúsculos**

En un intento por tener mayor información frente a las ideas sobre la composición íntima de la materia, se les propuso a los estudiantes dar explicación a lo siguiente:

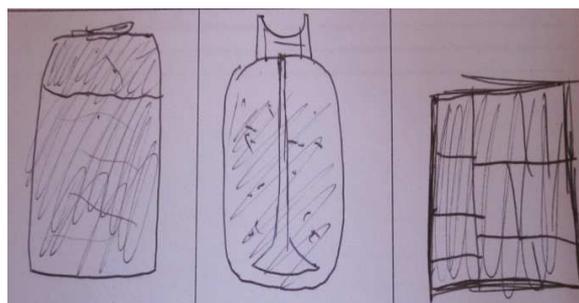
“Si pusiste atención a la caricatura, observaste que Gasparín al ser congelado y al deslizarse sobre una superficie a gran velocidad por efecto de la fricción, se descongeló. Explica mediante un dibujo cómo es el hielo por dentro antes del derretimiento y cómo es el agua por dentro después del derretimiento del hielo. Elabóralo en el cuadro de la siguiente página”

“Si tuvieras una lupa de gran poder, con capacidad de aumentar lo que ves; y te preguntarán, cómo es la apariencia interna de la gaseosa, el gas y el cubo. ¿Qué observarías? Elabora un dibujo en cada caso”

La gran mayoría de las representaciones, cerca del 80%, estaban indicadas en términos de una visión continua y macroscópica de la materia, no se vieron partículas y las esquematizaciones hechas eran una apuesta explicativa basándose en los hechos concretos que pudieron observar, no iban más allá de éstos. A continuación se muestran algunos ejemplos puntuales:



**Fig. 3 Representación continua para la explicación del fenómeno**



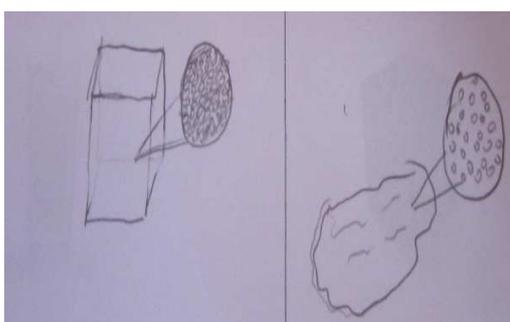
**Fig. 4 Continuidad en la composición**

En ambas ilustraciones se muestra lo expresado anteriormente, se indicaron una serie de recurrencias tales como la no presencia de partículas que hagan parte de la estructura de la

materia, además, la dificultad por pasar la barrera de lo observable. En la fig. 4 que intentó explicar cómo era la apariencia de un líquido, un gas y un sólido cuando eran vistos por un lente de gran aumento, solo mostraron el contorno de lo que posiblemente era un envase con algo líquido, otro con algo que contenga gas y el último de algo sólido; estos hechos eran más que suficientes para que éste estudiante diera sus explicaciones.

En la fig. 3, por su parte, ante la imposibilidad de explicar por qué el hielo se derritió, recurrió simplemente a explicar que era sólido y con un contorno bien definido, algo similar puede verse en la figura 4 al indagar sobre algo similar; el estado líquido por su parte es diferente al sólido tan solo por la apariencia externa, es decir, no definida y sin contornos, dándole en dichas representaciones un gran valor a lo continuo.

Otro grupo de estudiantes que representan el 10% de la muestra, indicaron en sus representaciones gráficas un marcado intento por explicar la composición en términos microscópicos, es así como pueden verse los siguientes ejemplos:



**Fig. 5 Representación discontinua para la explicación del fenómeno**

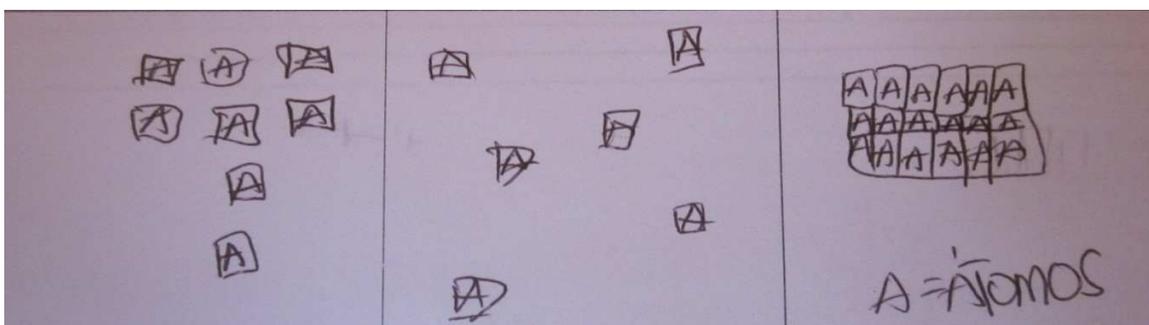


**Fig. 6 Discontinuidad en la composición**

Contrario a lo expuesto en los dibujos anteriores (que explicaban el mismo hecho), se nota en éstos una intención diferente de mayor valor interpretativo y yendo más allá de la mera descripción concreta.

Apareció la noción de entes particulados que son los responsables de la composición de los materiales y la agrupación de los mismos para explicar por qué la consistencia de uno y otro. Estos hechos son más cercanos a lo que los modelos científicos de naturaleza escolar hablan sobre la composición de los materiales, pues se vio claramente como la disposición y orden de las “partículas” hacen que el hielo y el cubo sean sólidos, lo mismo para explicar por qué el hielo derretido y la gaseosa eran líquidas; pudo verse como no se valieron de los contornos que eran tan evidentes en los anteriores esquemas, todo esto porque lo concreto no es lo imperioso en éstas descripciones. Otro hecho interesante es ver que para explicar el comportamiento de los gases se hizo el intento por indicar mediante algunas líneas que existe un movimiento propio de las moléculas, y por ello es que presentan cualidades físicas particulares, claro está, que no ocurrió lo mismo en las explicaciones para el estado líquido y sólido donde también existe movimiento intrínseco.

Por último, hay quienes que para la misma pregunta, indicaron la presencia de átomos con propiedades macroscópicas, a manera de ejemplo tenemos:



**Fig. 7 Ilustración de las partículas en términos macroscópicos**

Tienen la noción de indicar que la materia está formada por átomos, pero en sus representaciones se vio una marcada influencia macroscópica, pues pudo apreciarse cómo los átomos son unidades contorneadas, rígidas y de formas geométricas que hacen parte de la materia, y que al agruparse como en una especie de “puzzle” le dan forma y propiedades a la misma. Estas ideas, son tal vez dadas por algunos indicios de la existencia de átomos en la materia, pero con atribuciones macroscópicas a los mismos.

Adicional a lo expresado anteriormente, se hizo la siguiente pregunta a los mismos estudiantes.

*“Tienes 3 jeringas; la primera contiene a Gasparín dentro, la segunda contiene aire y la tercera contiene un líquido; cuando pones el dedo en la punta (sin tener puesta la aguja) y empujas el embolo en la jeringa 2, que contiene aire, éste llega hasta la mitad, pero, en la jeringa 3, que contiene agua, el embolo no avanza ni siquiera un poco. ¿Por qué entonces el aire si puede comprimirse, mientras que el líquido no? Justifica tu respuesta”*

La pregunta tenía una clara intención, y era ver en qué medida las explicaciones que daban los estudiantes al fenómeno estaban orientados hacia la composición de los materiales y la interpretación del comportamiento en términos de su estructura interna. Las respuestas que surgieron a partir de esta premisa fueron las siguientes:

*Est 1: “El agua no se puede comprimir porque es un líquido, y el líquido trataría de salir, no como el aire”*

*Est 3: “El líquido no se puede comprimir porque a diferencia del aire tiene más consistencia”*

*Est 4: “Debido a que el aire tiene más capacidad que el agua de escabullirse en espacios pequeños”*

*Est 5: “Ya que el aire como no es una masa y es más frágil sale más rápido y como el aire no tiene peso el embolo le toca más fácil dirigirse, y el agua si es una masa líquida”*

*Est 8: “El aire se puede comprimir mucho más ya que el agua es un líquido”*

*Est 11: “Porque el dedo obstruye el aire porque es más fuerte, pero el líquido es más fuerte que el dedo”*

*Est 12: “Porque el aire es muy denso, mientras que el agua es menos densa”*

*Est 15: “Porque el aire se puede salir un poquito y el agua no se puede salir ni un poquito”*

*Est 16: “Porque primero sale el viento y después el agua”*

*Est 17: “Porque el aire se sale y el líquido no porque el aire es un gas y el líquido es más como duro”*

*Est 19: “Como es un estado, puede caber en cualquier rotico y así se va saliendo lentamente”*

*Est 20: “Pues el aire no tiene peso, el aire es más flojo que el agua”*

Los estudiantes que representan el 60% de la muestra, dieron explicaciones en torno a la compresión del gas y en menor grado del agua; se valieron de las características que presentaban a priori las sustancias, es decir, tuvieron en cuenta simplemente alguna descripción para explicar el fenómeno; es así como aparecieron de manera repetida ideas tales como que el agua no podía comprimirse debido a que era un líquido que presentaba *“más consistencia que el aire... una masa líquida... menos densa que el aire... o simplemente que era dura”*. Todas estas afirmaciones basadas en experiencias sensoriales, mostraron con fuerza como lo perceptual, lo tangible y concreto es el criterio principal en éstos estudiantes para explicar el fenómeno presentado.

De otra parte, algunos estudiantes dieron explicaciones sobre el fenómeno en éstos términos:

*Est 6: “Porque el aire es menos denso y tiene más espacio entre sus átomos”*

*Est 7: “Porque sus moléculas son muy separadas entre ellas, por eso tienen más oportunidad de juntarse y comprimirse”*

*Est 10: “Por las partículas que el líquido contiene más juntas”*

*Est 13: “Se baja poco hasta que las moléculas no se puedan juntar más”*

*Est 14: “La jeringa con el aire se comprime ya que posee menos átomos, es más ligero y liviano y no necesita tanta fuerza para comprimirlo, en cambio el líquido posee más átomos, es menos ligero, necesita más fuerza para comprimirlos”*

Estas respuestas, que corresponden al 25% de los estudiantes, se vio que en las explicaciones aparecen términos tales como “*espacio entre los átomos*”, *moléculas*, “*partículas que se juntan*”, “*cantidad de átomos en las sustancias*” entonces, se incluyeron nociones que apuntaban a la descripción del fenómeno en términos microscópicos, pues en ningún momento, se hizo mención a las características macroscópicas basadas simplemente en la apariencia externa, sino que esa externalidad se explicaba en otros términos. Aunque las descripciones no eran del todo depuradas, al menos, correspondían más a las exigencias teóricas propias de la ciencia escolar para el fenómeno citado.

La aparente discontinuidad y el vacío aparecieron vagamente en las explicaciones de los estudiantes, dando un pequeño paso hacia la consolidación de explicaciones mucho más precisas y pertinentes en torno a la *naturaleza de la materia*. Igualmente, debe tenerse en cuenta la continuidad que le dieron a las partículas que ellos mismos mencionaron, pues al creer que los átomos eran ligeros, livianos y que requerían fuerza para comprimirlos, estaban haciendo mención a descripciones macroscópicas en las partículas microscópicas, lo cual es un error conceptual.

En términos generales, estas preguntas apuntaban a la identificación en los estudiantes del vacío, la compresibilidad de los gases y líquidos atendiendo a la composición de la materia. Algunas respuestas daban a entender que los gases se escapaban por algún lado, por eso se comprimían, además, dejaron ver que los gases no tenían peso, y no tenían masa. Estas respuestas coincidieron con las primeras que se enunciaron en las cuales no consideraban que los gases fueran sustancias hechas de materia, sino simplemente “sustancias” transparentes que atravesaban objetos.

La idea general de la aplicación del instrumento era que se pudiera indicar la composición de la materia, por ejemplo, de los gases, sólidos y líquidos al hacer alusión a algunas situaciones y no cuestionarlos directamente sobre el hecho. En últimas, la visión continua y macroscópica se hizo directa en la gran mayoría de las respuestas de los estudiantes, como pudo verse en los cuestionamientos hechos.

La idea de los gases como sustancias que no presentan estructura, de los sólidos y líquidos que solo pueden ser descritos frente a su apariencia y no frente a su composición, y la de partículas vistas como entes macroscópicos, son algunas de las ideas generalizadas en los estudiantes que hacen parte de este estudio.

## **6.2 Trabajo de Campo**

La primera parte del trabajo de campo se basó en una de las actividades planteadas por Couló & Adúriz-Bravo (2010); para inducir dentro del ciclo de aprendizaje el *modelo didáctico analógico de composición de la materia*; para ello, se adaptó gran parte de este trabajo y se hizo énfasis en las etapas de resolución de problemas planteadas teóricamente

por Perales, (1998) & García, (2003) donde el trabajo se basa en estrategias heurísticas de resolución.

El objetivo teórico de esta actividad dentro del trabajo investigativo, era inducir a los estudiantes al trabajo en ciencias mediante un fenómeno cuyo funcionamiento interno pudiera ser inferido por las salidas o comportamientos externos; es así que, la actividad denominada “la caja negra” podría permitir a los estudiantes involucrarse en una situación análoga a la que a diario viven los científicos en aras de hallar una “verdad” mediante la resolución de un problema. El nombre de la actividad se refiere precisamente porque se trata de una caja negra, que contiene algo en su interior y la idea precisamente es tratar de dilucidar que contiene dentro sin abrirla.

La actividad estuvo orientada por una serie de pasos que tenían como propósito enseñar a los estudiantes estrategias de resolución de problemas (Perales, 1998) que sirvieran no solo para desarrollar el problema planteado, sino también, otros que pudieran ser similares al trabajado; o en todo caso, con las pautas establecidas poder responder a cualquier situación problema.

Es importante recalcar que las actividades fueron desarrolladas bajo un modelo de ABP, en éste, las tareas fueron desarrolladas por conjuntos de estudiantes, para este caso cuatro personas por cada grupo; la idea era que al interior de cada uno se pudiera generar participación en una conversación reflexiva con los elementos de la situación problema (Chin & Chia, 2006); tal situación posibilitaba entre muchas cosas, que los estudiantes pudieran identificar y clarificar opiniones alternativas, posiciones o perspectivas de las

partes interesadas, generar posibles soluciones, evaluar la viabilidad de soluciones alternativas y aplicar y supervisar la solución.

Era necesaria la puesta en común de argumentos, ideas y puntos en común para que la solución no fuese un proceso cerrado y restringido, sino por el contrario, abierto a la discusión y a la participación constante de los integrantes. El trabajo se dio en una serie de etapas y pasos, pero solo se mencionaran las más importantes:

En la primera etapa se abordó de manera preliminar el problema planteado; para ello se instó a los estudiantes a anticipar qué era lo que probablemente contenía la caja y qué procedimientos podrían utilizar para saber lo que había dentro. Frente a esta tarea, los diferentes grupos dieron a entender que para saber lo que contenía, habría que valerse de los sentidos y usar alguna herramienta que permitiera conocer lo que contenía la caja. Las respuestas en general, estuvieron dadas en los siguientes términos:

*G1: Oler la caja, observarla, tratar de percibir algún ruido.*

*G2: Olerla y observarla.*

*G3: Oler, adivinar.*

*G4: Podemos utilizar los sentidos, objetos punzantes (bisturí, puntillas).*

*G5: Moverla y escuchar que sonido produce.*

Frente al problema planteado, se le dijo a cada uno de los grupos que mencionaran cuál era la incógnita y la condición para que se diera el problema; en términos generales, todos apuntaron a indicar que lo que buscaban era saber que contenía la caja y la condición que se planteó desde un inicio era la de no abrir la caja para saber lo que había dentro. Teniendo consenso frente a la incógnita y la condición preestablecida, los estudiantes se alistaron a dar

la posible composición de las cajas que tenían frente, teniendo en cuenta, que en cada una de ellas había elementos diferentes. Lo que indicaron los estudiantes sobre la posible composición a partir de las premisas iniciales fue lo siguiente:

*G1: "Puede tener semillas o algo pequeño, duro porque se escucha que hace ruido"*

*G2: "monedas, puntillas, cadena, cascabel"*

*G3: "tornillos, tuercas, puntillas, porque cuando se mueve se siente o se escucha un ruido de metal"*

*G4: "La caja contiene bolas de cristal, tuercas, arandelas y un tornillo largo. El tacto nos indica la forma, el tamaño del objeto que se encuentra en la caja"*

*G5: "Nosotros opinamos que en la caja puede haber monedas, puntillas y un cascabel"*

En un segundo momento, a los estudiantes se les pidió que pusieran de manifiesto qué conocen sobre el problema y qué deberían conocer para resolverlo; era importante este hecho pues fue el insumo necesario para plantear lo que sería el plan o la estrategia de resolución que indicaría lo que contenía la caja negra; hasta ese momento, no se había instado a los estudiantes al cómo acceder al interior de la caja sin abrirla, tan solo se hicieron aproximaciones de lo que pudiera haber en el interior valiéndose de las acciones iniciales en las cuales ponían a prueba sus sentidos.

*Frente a la pregunta ¿qué se conoce sobre el problema?, se vieron algunas recurrencias, aquí algunas de las respuestas:*

*G1:*

*"La caja contiene varias cosas diferentes"*

*"La caja está sellada"*

*G2:*

*"Que la caja contiene algo"*

*“Que no podemos abrir la caja”*

G3:

*“Exactamente todavía no sabemos qué elementos hay en la caja”*

G4:

*“Hay que descubrir lo que tiene la caja negra en su interior”*

G5:

*“Para hallar lo que hay dentro de la caja no la podemos abrir”*

Como puede apreciarse, los grupos pusieron de manifiesto casi las mismas premisas acerca de lo que conocen sobre el problema, que es una caja cerrada, que no puede ser abierta, en cuyo interior hay objetos y que debían descubrir lo que había en su interior sin abrirla, todos estos hechos que se acaban de mencionar, eran los conocidos por ellos.

En el mismo componente se les pregunta sobre lo que deberían conocer para resolver el problema, las respuestas generadas por los grupos fueron casi las mismas, en el sentido que lo que debían saber para resolver el problema era conocer lo que hay dentro, es decir, la incógnita que se había planteado inicialmente. Las respuestas generadas por los grupos fueron las siguientes:

G1:

*“Conocer que contiene la caja”*

G2:

*“Saber lo que contiene la caja”*

G4:

*“Qué conforma el interior de la caja negra.”*

G5:

*“Saber lo que realmente contiene la caja”*

*“Otra manera diferente de hallar su contenido”*

En un tercer momento se indicó a los estudiantes la elaboración de un plan para encontrar la respuesta al problema que se había propuesto. Diseñar un plan no era nada fácil, por eso, se les dio una serie de preguntas que les ayudarían a construir este de forma efectiva para llegar a la respuesta del problema. Las preguntas que se hicieron con el ánimo de realizar el plan fueron las siguientes: ¿Conocen un problema que se relaciona a éste? ¿Conocen algún problema similar que tuviera la misma incógnita? ¿Podrán utilizar un problema similar para solucionar el que se les ha planteado? Una vez cada grupo resolvía las preguntas, éstas servían como insumo para el planteamiento de la estrategia de resolución, pues se valían de experiencias y problemas análogos que pudieran emular la situación trabajada. A raíz de esto, cada grupo planteó una ruta o estrategia de la siguiente forma:

*G1:*

*Utilizar un imán para mirar si hay algo metálico.*

*Agitar la caja.*

*Pesar, palpar la caja.*

*Mirar la forma de la caja.*

*Hacerle más agujeros a la caja.*

*Tratar de aplastar la caja sin romperla.*

*G2:*

*Sacudirla.*

*Pesarla.*

*Abrir más agujeros en ella.*

*Observarla.*

*Palparla.*

G3:

*Hacerle varios agujeros a la caja.*

*Mover la caja.*

*Alumbrar la caja con una linterna o en caso tal que no haya linterna con un celular.*

*Utilizar una herramienta, como por ejemplo, un imán.*

G4:

*Manipular la caja.*

*Visualizar la caja.*

*Hacerle pequeños agujeros.*

*Vamos a utilizar objetos para saber que hay dentro de la caja.*

G5:

*Hacer varios agujeros pequeños a dos caras de la caja.*

*Conseguir una linterna.*

*Se alumbrará por una de las caras con la linterna y luego por la otra cara se observa, así la luz se refleja y de este modo se puede observar lo que hay dentro con más precisión.*

Una vez puesto en marcha el plan, la idea era que cada grupo pudiera indicar el alcance de los pasos propuestos en éste, es decir, hacer evaluación al proceso y decir que se logró al ejecutarlo. Las respuestas de los grupos fueron las siguientes:

- *¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 1?*

*G1: “con el primer paso averiguamos que hay algo metálico en la caja”*

*G2: “reconocer el sonido”*

*G3: “Al desarrollar el paso 1 obtuvimos mejor visión pero no un objeto en especial”*

*G4: “Sabemos más o menos la forma del objeto”*

*G5: “Nuestro plan no fue efectivo pues la linterna no nos sirvió a la perfección”*

- *¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 2?*

*G1: “Averiguamos que hay cosas pequeñas y otras grandes”*

*G2: “reconocer que lo que contiene es de peso liviano”*

*G3: “Al mover la caja escuchamos un ruido como de metal”*

*G4: “Ya sabemos que uno de los objetos que conforma la caja es un tornillo y puede haber algodón”*

- *¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 3?*

*G1: “Averiguamos que lo que contiene la caja es liviano, delgado y algo redondo”*

*G2: “Al abrir los agujeros, tenemos más posibilidades de ver lo que hay dentro”*

*G3: “Con la linterna no alcanzamos a ver nada adentro”*

*G4: “Desarrollar el paso 3 nos sirvió para intentar saber que hay dentro de la caja”*

- *¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 4?*

*G1: “Al observar la caja y ver que es cuadrada y pequeña, creemos que lo que contiene la caja es pequeño y muy poco”*

*G2: “Hemos podido observar que hay una especie de algodón”*

*G3: “Con el imán, los elementos que hay adentro se atraen”*

*G4: “Utilizamos un lapicero y nos sirvió para detectar varios objetos”*

- *¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 5?*

*G1: “Con los agujeros conseguimos averiguar que la caja contiene arroz, unos tubitos metálicos redondos, alambritos metálicos similares a un clip”*

Como puede advertirse en cada uno de los pasos, los estudiantes expusieron los alcances de los pasos propuestos; en ellos, indicaron lo que presumiblemente se encuentra en la caja siguiendo el plan. En cada una de las etapas, se siguió una serie de heurísticos que sirvieron para que de manera ordenada y organizada los estudiantes dieran cuenta de una situación problema planteada, que como se ve al final, no llega a una única respuesta, sino más bien,

a múltiples opciones al tratarse de un problema abierto que por su naturaleza no ofrece respuestas sesgadas y únicas.

Como se dijo desde un inicio, el trabajar sobre éste problema tuvo un sentido bien definido en esta investigación y fue el de introducir el modelo de composición y la metodología de trabajo de los científicos, claro está -guardando las proporciones- cuando éstos se dedican a la resolución de un problema. Al final del trabajo, se propuso una serie de preguntas a los estudiantes para medir un poco el alcance de la actividad, las respuestas a las mismas se presentan a continuación.

a. *¿Cómo relacionan su trabajo con el hecho por los primeros hombres de ciencia?*

*G1: “Que toda la investigación tiene un enigma que hay que responderlo para poder averiguar o saber qué es lo que pasa o sucede”*

*G2: “Los primeros hombre de ciencia trataban de descubrir cosas nuevas y nosotros hacíamos lo mismo”*

*G3: “Principalmente no abrimos la caja, sino que exploramos que había en ella manipulándola”*

*G4: “Los hombres de ciencia querían saber de qué estaba compuesta la materia y nosotros queremos saber de qué está compuesto el todo, pero hay ciertas sustancias que son cajas negras que no se pueden abrir y que debemos experimentarlas por su exterior”*

*G5: “Los primeros hombres de ciencia no tenían los medios para demostrar sus teorías, solo eran suposiciones o pensamientos”*

En el ejercicio realizado, puede verse como los estudiantes expresaron al final que el trabajo en ciencias se basa en el descubrimiento y el darle respuesta a los enigmas que se presentan; bajo esa premisa, entienden que para comprender algún fenómeno se requiere explorar, suponer, plantear alguna hipótesis y trabajar en ella. El hecho era que comprendieran que todo en la naturaleza se comporta como una “caja negra”, es decir, que solo podemos inferir el comportamiento interno de algo a partir de las salidas que ofrece el

sistema y desde ahí formular teorías que estén próximas a explicar el porqué de los fenómenos.

*b. ¿Si toda la materia, tal como los sólidos, líquidos y gases, son “cajas negras”. De qué creen que estén hechos?*

*G1: “Nosotros pensamos que está hecho de materia, aunque no sabemos si es verdad que está hecho de materia, tendríamos que investigar que hay dentro de los sólidos, líquidos y gases”*

*G2: “Pensamos que están hechos de los mismos sólidos que los componen”*

*G3: “Están hechos de elementos de la naturaleza”*

*G4: “Están hechos de pequeñas sustancias de sólidos, líquidos y gases que no podemos ver a simple vista”*

*G5: “De partículas muy diminutas pero fuertes”*

En estas respuestas, se ofrece una primer mirada frente a la composición de algunos materiales; se les preguntó sobre algunas “cajas negras” en este caso sobre la composición de sólidos, líquidos y gases; en sus respuestas se indicó claramente el pensar que están formados por más de lo mismo, es decir, por pequeñas sustancias de sólidos, líquidos o gases, por las mismas sustancias que los componen o por elementos de la naturaleza. En ninguna de las respuestas se dio un intento en términos de composición, para dar a entender la naturaleza discontinua de la materia; tan solo, se mencionaba que podrían estar formadas por partículas muy diminutas pero fuertes, dándoles de esta manera descripciones macroscópicas a los entes particulados. La noción de la materia en términos de la continuidad se vio con gran relevancia, pero en uno de los grupos notó la intención de investigar que había dentro de los sólidos, líquidos y gases. En conclusión, la excusa de la caja negra donde se trabajó la composición de la misma, era el pretexto para que de ahora

en adelante se empezara el trabajo sobre los problemas presentados, basándose en los heurísticos de solución.

c. *¿De qué les sirve el trabajo hecho para responder la pregunta anterior?*

G1: *“Nos sirve para aprender e investigar sobre los inciertos que hay en el mundo, cada parte de nuestro mundo es como una caja negra que tenemos que descubrir que hay adentro”.*

G2: *“Para saber de qué están hechas las sustancias tenemos que hacer lo mismo que con la caja negra”*

G3: *“Para saber que en los sólidos, líquidos y gases también hay algo adentro”*

G4: *“Con esta pregunta ya nos podemos orientar hacia esta incógnita, ya tenemos una idea de lo que hay que hacer”*

Frente a esta última pregunta, los grupos manifestaron lo importante que era la investigación para comprender de qué están hechas las cosas, orientarse y dar solución a las posibles “cajas negras” que se presentarían en la propuesta didáctica.

Una segunda actividad destinada a trabajar llevaba por título *“la bomba que se infla”*, en ésta, se le suministraba a cada grupo de estudiantes los siguientes materiales: un erlermeyer, un trípode, una malla de asbesto, una bomba elástica sujeta a la boca del erlermeyer y un mechero de alcohol. La idea era suministrar al erlermeyer calor producido por el mechero y ver que pasaba con la bomba pasados 1, 8, y 10 minutos respectivamente; con las observaciones realizadas iban igualmente dibujos que indicaban lo sucedido pasado el tiempo preestablecido. Una vez hecha la introducción, se les pidió a cada grupo de estudiantes que problema se estaba planteando e iniciaron la ruta hacia su solución.

Este problema permitiría comprometer a los estudiantes en un trabajo que fuera significativo y el cuál tuviera afinidad con ellos, pues el ideal era lograr involucrarlos en el

conocimiento mediante una construcción colaborativa (Hmelo-Silver & Barrows, 2008). La idea central era trabajar la explicación del fenómeno atendiendo a la aplicación de la teoría corpuscular de la materia; basándose para resolverlo en las etapas de resolución de problemas planteadas teóricamente por Perales, (1998) & García, (2003); donde el trabajo se basa en estrategias heurísticas de resolución.

Igualmente, al tratar de resolver este problema, se pretendía generar carácter problematizador y presentar situaciones semejantes a aquellas que se desarrollaron en contextos científicos reales (Camacho & Quintanilla, 2008) y ser significativo para los estudiantes que aprenden, además, factibles de ser entendidos cuando se enfrentan a él. Como se ha mencionado, el trabajo sobre los problemas se sustentó teóricamente sobre la base del aprendizaje basado en problemas, donde surgió un elemento que genera la movilidad del pensamiento en búsqueda de su solución y se proporcionaron oportunidades de aprendizaje en lugar de ofrecer explicaciones.

Según Hmelo- Silver & Barrows (2008), este tipo de prácticas de solución en conjunto, favorece que en el trabajo los estudiantes activamente monitoreen su pensamiento, invirtiendo gran cantidad de tiempo en la representación del problema y construyendo un entendimiento compartido; además, el trabajo colaborativo permite calidad en el conocimiento colectivo, modificando las ideas de otros y discutiendo los recursos de información y negociación de las ideas.

Los pasos que se siguieron en la resolución del problema planteado fueron los siguientes:

En un primer paso, a cada grupo se le pidió que indicara cuál era la incógnita que planteaba el problema; en las respuestas generadas, todos los grupos estuvieron de acuerdo en afirmar

que el interrogante era *¿por qué se infla la bomba, después de estar un tiempo sometido al calor que produce el erlermeyer?* Al estar todos de acuerdo con la incógnita, entonces, los grupos trabajaron con el ánimo de dar respuesta a la pregunta generada, para ello, se valieron de los datos que tenían al someter el erlermeyer al mechero por 1, 8 y 10 minutos, además, de la condición para que se diera el problema.

Una vez conocidos los datos de los estudiantes frente al problema, se les preguntó directamente el por qué se inflaba la bomba; el interés de la misma era conocer que concepciones presentaban los estudiantes frente al fenómeno y si aplicaban o no el modelo de partículas. Las respuestas a la pregunta fueron las siguientes:

*G1: "Porque al haber calor la bomba se infla"*

*G2: "Porque el aire se contiene dentro del erlermeyer"*

*G3: "Por el calor que va subiendo"*

*G4: "Porque el fuego produce vapor y así se infla la bomba"*

*G5: "La llama produce oxígeno al frasco y éste al intentar salir, infla la bomba"*

Los integrantes del grupo 2 y 5 en sus respuestas dieron a entender que el hecho para que se inflara la bomba fue la presencia del aire y la producción de oxígeno en el interior del frasco del vidrio, pero no explicaron cómo la presencia de ese aire y el posible oxígeno permitían que hubiera aumento de volumen en la bomba; tales explicaciones que eran de carácter continuo y macroscópico no alcanzaron a tener mayor relevancia explicativa pues lo que allí expresaban fue producto, tal vez, de las representaciones que han adquirido del medio, donde se sabe que los gases como el aire o el oxígeno pueden inflar una bomba, pero en este caso no se indica ni el cómo se infla, ni el por qué se infla.

Los grupos 1, 3 y 4 atribuyeron el fenómeno a la presencia de *calor* y al vapor que producía el fuego; al indicar esto hay cierta alusión a causas no materiales o a pensar que el calor es una “sustancia” para la explicación del fenómeno; pues haber dicho que “*el calor permite el aumento de volumen*” ratifica éste hecho; por su parte, haber mencionado que “*el fuego produce vapor*”, pone de manifiesto una idea en el grupo relacionada al contexto, pues son seguramente muchos los casos donde han visto que el calor producía vapor. Se vio, entonces, en las respuestas una explicación macroscópica y continua del fenómeno.

Al término de las primeras etapas del problema, a los grupos se les indagó por un hecho que a la luz de la práctica parecía más que obvio y era la importancia que tenía la temperatura en la práctica que acababan de hacer; se indica que es obvio, porque es algo tangible que se hizo evidente cuando se prendió el mechero, se calentó el erlermeyer y la bomba empezó a inflarse. Frente a este cuestionamiento los grupos respondieron lo siguiente:

G1: “*Es muy importante que la temperatura sea alta para que la bomba se infle*”

G2: “*Mucha, porque si va subiendo la temperatura se va inflando la bomba*”

G3: “*Que es la que ayuda a inflar la bomba*”

G4: “*Que entre más fuego, más vapor, entonces así más rápido se infla la bomba*”

G5: “*Debido a la temperatura que se produce, al mechero toca el erlermeyer y se produce oxígeno que infla la bomba*”

En las respuestas de los grupos 1, 2 y 3 se indicó que la temperatura, por sí misma, fue la que hizo posible que la bomba se inflara, pues cuando expresaron que “*la temperatura sea alta para que la bomba se infle*”, “*que si ésta sube se va inflando la bomba*” y que “*ayuda a inflar la bomba*” se está mostrando un hecho no material que permitió que la bomba ganara volumen, por ello, la idea de causas no materiales para que se exprese el fenómeno

se puso de manifiesto; sumado a eso, tales explicaciones dieron una idea macroscópica del fenómeno trabajado.

También hubo ideas macroscópicas en los grupos 4 y 5 cuando éstos expresaron que “*entre más fuego, más vapor*” y “*el mechero toca el erlermeyer se produce oxígeno y se infla la bomba*” en éstas explicaciones se tuvo en cuenta la simple observación del fenómeno y las ideas implícitas que tenían los estudiantes, pues cuando indicaron que el mechero al calentar el erlermeyer producía oxígeno, estaba asociado seguramente al aumento del volumen de la bomba (un hecho conocido por ellos), pero que no apuntaba a explicar con claridad por qué sucedía el mismo.

Entonces, podría decirse que las respuestas recogidas en la primera parte del problema atendían al orden macroscópico y donde la continuidad de la materia se puso de manifiesto en las explicaciones dadas por los grupos.

En la segunda etapa de la estrategia heurística se les pidió a los grupos que partiendo de la incógnita, los datos y la condición para que se diera el problema, dijeran cuáles eran las posibles hipótesis que presentaba la situación. Frente a esta indicación, los estudiantes respondieron lo siguiente:

G1:

*“La bomba se infla por el calor”*

*“Porque el fuego produce aire”*

*“Porque el erlermeyer al estar cerrado y calentarse produce vapor y esto hace que la bomba se infle”*

G2:

*“El aire podría estar compuesto por calor, y que por esa razón la bomba al estar empatada al erlermeyer se llena de vapor o aire”*

G3:

*“La bomba se infla a través del vapor”*

*“La bomba se infla por la llama”*

G4:

*“La bomba se infla por el vapor que produce el fuego”*

*“La bomba se infla por el vapor”*

*“La bomba se infla por las altas temperaturas del mechero”*

G5:

*“Al intentar salir el oxígeno producido por la llama se infla la bomba”*

En estas hipótesis, fue claro lo que pensaban los estudiantes sobre el tema; cuando afirmaron que *“la bomba se infla por el calor”* se muestra una intención clara, y era la de explicar en términos macroscópicos el porqué del fenómeno y atribuirle al “calor” propiedades que le permiten el aumento del volumen de la bomba. En estas explicaciones también es importante mencionar la idea que se generó en torno a la posibilidad del fuego para que produjera aire, que mostró igualmente, una explicación en términos macroscópicos acompañado de una idea continua en torno a la composición del aire, pues se partió del hecho que éste era originado cuando se somete “algo” (en este caso un envase de vidrio) al fuego de un mechero y no se hizo mención alguna a su composición; en éstos mismos términos también está la hipótesis que mostró que *“el erlermeyer al estar cerrado y calentarse produce vapor y eso hace que la bomba se infle”*, cuando los estudiantes

hablaban de producir “vapor” en un recipiente cerrado, seguramente hacían alusión a alguna experiencia en la que bajo condiciones similares se producía el hecho, y en este caso se estaba marcando una explicación atendiendo a la percepción del fenómeno.

Es igualmente interesante ver como los estudiantes le atribuyeron al calor una cualidad de sustancia, cuando indicaron que hace parte del aire y por ello permitió que se pudiera inflar la bomba -una explicación continua de la materia-, pues se asume la composición en términos de una cualidad perceptible y no desde la esencia misma de la sustancia.

En todos los grupos se vio la misma recurrencia, explicaciones del orden macroscópico para dar cuenta de un fenómeno que solo se explica desde la lógica discontinua de la materia; hasta el momento no se vio en ninguno de los grupos un asomo explicativo al hecho en tales términos; por lo que la estrategia heurística debería entregar elementos para que esto ocurriera, claro está, sin hacerlo evidente, accediendo a él mediante el trabajo colaborativo sobre el que se basaba esta estrategia.

En un tercer momento, se apuntó a que los estudiantes pudieran reconocer lo que conocen y lo que deberían conocer para resolver el fenómeno; lo conocido es lo que se ha estado mencionando con anterioridad (referente a las ideas, observaciones e hipótesis explicativas que había hecho cada grupo). Ahora, sobre lo que se debería conocer, se indujo a cada grupo a pensar si en verdad las respuestas parciales que habían dado eran suficientes para explicar el fenómeno planteado, por ello, es que el docente instó a cada grupo a compartir sus hipótesis y ver si en ellas podían dar respuesta definitiva a la incógnita inicial.

Los grupos, que compartían ideas similares, indicaban que no era suficiente lo que tenían para resolver el problema, pues las ideas presentes no explicaban con claridad la situación

planteada, por lo que se elaboró una lista de aquellas cosas que deberían conocer para resolverlo, y es así como propusieron lo siguiente:

G1:

*“Saber con precisión de que se infla la bomba”*

*“Saber si es el calor es el que produce que la bomba se infle”*

*“Cuál es el efecto que ocasiona que la bomba se infle”*

G2:

*“Desconocemos que es en verdad lo que ocasiona que la bomba se infle”*

G4:

*“Saber con seguridad por qué se infla la bomba”*

G5:

*“Qué es lo que realmente infla la bomba”*

Los estudiantes llegaron a esto de alguna manera inducido por el docente, pues con base en las hipótesis planteadas por ellos, se les indicó que las explicaran y dijeran por qué ocurrían las mismas; el preguntar acerca del - *¿por qué?* – se refiere a relaciones de causalidad, características del fenómeno, descripciones, explicaciones de origen, etc. y los grupos al dar respuesta a éstas en el ejercicio, aludían a dar explicaciones usando como respuesta las mismas hipótesis pero en otras palabras, entonces, se hizo caer en cuenta de la necesidad de ir más allá y ver qué era lo que se requería para dar respuesta al fenómeno como tal.

Las propuestas que dieron los estudiantes después de esto, fueron de una mayor precisión desde lo procedimental, por eso, al decir *“saber con precisión de que se infla la bomba”* *“qué es lo que realmente infla la bomba”* *“desconocemos que es en verdad lo que ocasiona que la bomba se infle”* puede inferir una necesidad marcada de ser resuelta y que los elementos que se tenían no eran suficientes para hacerlo; por ello, el siguiente paso que

como objetivo era elaborar un plan, tuvo como finalidad que mencionaran la ruta que seguirían para resolver la situación replanteada.

En la elaboración del plan, los estudiantes tuvieron en cuenta una serie de preguntas que los orientó en la consolidación del mismo, las cuales fueron: *¿Conocen un problema que se relaciona con el que están trabajando? ¿Conocen algún problema similar que tuviera la misma incógnita? ¿Podrán utilizar el problema similar, para solucionar el problema que tienen planteado?* Tales preguntas, apuntaban a encontrar algunas familiaridades en problemas similares, esto con el fin de poder desarrollar una estrategia que permitiera encontrar la solución a la incógnita planteada.

Frente a las preguntas, los grupos pudieron determinar algunos problemas que se relacionaban con el que se estaba trabajando, atendiendo a la correspondencia de la incógnita sobre la que se basaba la situación problema, es así como indicaron que *“el problema de los globos aerostáticos”* o *“los globos que se usan en diciembre”* eran algo similares al trabajado, pues se manejaban algunas características similares como era el hecho de usar una fuente de calor para que este se inflara, además, mencionaban que para solucionar el problema que tenían podían usar los casos conocidos por ellos, pues decían que *“es posible usar el problema porque es necesario el fuego para que se infle”* y *“tienen la misma incógnita”*.

En tales apreciaciones, pudo verse como los grupos hacían mención a algunos “problemas” sobre los que tenían conocimiento, y sobre ellos, reconocían similitudes en cuanto a la incógnita que planteaban. Tomando esta base y la experiencia de tener situaciones familiares a la trabajada, los grupos se dispusieron a realizar lo que sería el plan para hallar la incógnita; es así como cada uno planteó lo siguiente:

G1:

*“Consultar de que está compuesto el aire”*

*“Saber que le ocurre al aire cuando se calienta”*

*“Que contiene el erlermeyer al colocarlo al fuego”*

*“Consultar que influencia tiene la temperatura para que se infle la bomba”*

*“Tener en cuenta los datos acumulados para descubrir la incógnita”*

G2

*“Consultar de que está compuesto el aire”*

*“Consultar que hace el fuego al aire para que la bomba se infle”*

G3:

*“Consultar cómo se calienta el aire y que le pasa”*

*“Consultar que elementos componen el aire”*

*“Con la consulta anterior, descubrir que elemento del aire permite que la bomba se infle”.*

G4:

*“Averiguar por qué el aire caliente hace inflar la bomba”*

*“Realizar otro ejercicio semejante a éste pero con más cantidad de fuego”*

*“Consultar los elementos que conforman el aire”*

*“Consultar porque la bomba palpita frente a este proceso”*

G5:

*“Consultar de que está compuesto el aire”*

*“Consultar alguna teoría sobre el calentamiento del aire”*

En los planes propuestos por los estudiantes, apareció recurrentemente el concepto “aire”, que no había sido utilizado por los grupos en los estadios iniciales de la resolución, esto puede indicar, la incidencia que ha tenido reconocer situaciones similares en la resolución del problema. Cuando cada grupo diseñó la estrategia de resolución que conduciría a dar respuesta a la incógnita, se les pidió que debían asegurarse de estar siguiendo cada uno de

los pasos en orden, entonces, debían anotar lo que se había conseguido al desarrollar cada uno de éstos.

Cada grupo se interesó por saber de qué estaba compuesto el aire o que elementos lo conformaban, frente a este paso, afirmaron que se había alcanzado lo siguiente una vez desarrollado el paso:

G1:

*“Sabemos que el aire es una mezcla de gases que constituye la atmosfera terrestre, que permanece alrededor de la tierra”*

G2:

*“El aire es una mezcla de nitrógeno 78%, oxígeno 21% y el 1% restante está constituido por gases nobles e impurezas”*

G4:

*“El aire está formado de muchos gases y esos están formados por moléculas que si se calientan aumentan su volumen y la distribución de posición de las moléculas”*

Las respuestas de los grupos 1 y 2 tuvieron alguna precisión en cuanto a la conformación del aire pues mencionaban que era una mezcla y que estaba formado por varios gases; si bien es cierto, esta explicación no atendía a una descripción en términos microscópicos en cuanto a la composición, por lo menos se daba a entender que era una mezcla hecha de varios gases, y ya era éste un punto de partida para precisar conceptos más cercanos a la discontinuidad, aunque es cierto también que en tales respuestas, aún no era claro la intención en los grupos de indicar si el aire era o no algo material.

**En** el grupo 4 se vio algo similar, con la diferencia que en éste se hizo mención al concepto “moléculas” que no apareció en los otros dos grupos; dijeron que *“las moléculas aumentan su volumen si se calientan y la distribución de las mismas cuando se calientan”* estas

afirmaciones dieron a entender una explicación mucho más tendiente a la composición en términos microscópicos, pero no era claro aún que los estudiantes adoptaran el término moléculas correctamente, es decir, en términos de discontinuidad, pues cuando afirmaron que aumentaban su volumen, marca de alguna manera aspectos del orden macroscópico. Al parecer, emergió un elemento que no era recurrente hasta el momento en los grupos, y era el de mencionar que el aire no es aire en sí, sino que está formado por “moléculas”, esto ya estaba dando por sí una idea hacia la aceptación de la discontinuidad de la materia.

Los grupos, después se dispusieron poner a consideración otro paso del plan relacionado con lo siguiente “*qué le ocurre al aire cuando se calienta*” “*consultar que hace el fuego al aire para que la bomba se infle*” “*consultar cómo se calienta el aire y que le pasa*” “*averiguar por qué el aire caliente hace inflar la bomba*” En todas ellas, se apuntaba a lo mismo, y era determinar que le ocurría al aire al calentarse. Las respuestas de los diferentes grupos, fueron las siguientes:

G1:

*“Cuando el aire se calienta hace que las moléculas se puedan esparcir y se pueda inflar la bomba”*

G2:

*“Al ponerle fuego la presión de un gas registra el cambio que experimentan las moléculas al chocar contra las paredes del erlermeyer, y la energía del gas es proporcional a la energía de las moléculas y se infla la bomba”*

G3:

*“Como el aire es un gas, entonces al calentarse el erlermeyer va permitiendo que se infle la bomba. Eso también tiene que ver con el volumen, mientras el gas tenga más volumen se va inflando la bomba”*

*“Como el mechero va calentando al erlermeyer eso permite que la bomba se infle porque se va esparciendo el vapor formado por partículas”*

G4:

*“Porque el aire al calentarse aumenta su volumen y la distribución de posiciones de las moléculas que lo componen, esta teoría se denomina teoría cinética de los gases”*

El grupo 1 tuvo en cuenta el concepto de moléculas para explicar el fenómeno sobre el cual se estaba trabajando; en la evaluación que hicieron del paso escogido, dijeron que el aire cuando se calentaba hacía que las moléculas pudieran esparcirse, este hecho pudo mostrar que los estudiantes ya estaban adoptando una explicación más cercana a la composición en términos discontinuos pues mencionaban que lo que permitía que la bomba se inflara era el hecho que pudieran esparcirse las moléculas, cosa que hasta el momento no se había puesto a consideración en este grupo. También hay que tener presente la idea de cinética discontinua que puede estar manifestándose allí cuando se menciona la expresión *“esparcir las moléculas”*, éste era ya un indicio claro, que mostraba la factibilidad del movimiento de tales moléculas; lo que no quedó aún muy claro era si en verdad los estudiantes concebían las moléculas como componentes composicionales del aire, o como partes del mismo.

El grupo 3 expresó que *“el aire es un gas y que al calentarse hace que se infle la bomba”*, y mencionaban *“la importancia del volumen para que el globo se infle”*, igualmente indicaban en uno de sus pasos, *“hemos conseguido saber que el erlrmeyer contiene aire dentro”*, estas ideas dieron a entender una explicación en términos continuos y macroscópicos, pues solo se mencionaban características observables del fenómeno y se mencionaba simplemente que el aire era un gas, una idea muy sencilla que no sobrepasó en términos explicativos lo expresado en el paso anterior por este mismo grupo. En la parte final dijeron que al calentar el erlrmeyer se va esparciendo el *“vapor”*; podría esto indicar que aún persistía la visión macro en cuanto a la formación de vapor al calentarse el envase, pero es interesante la situación cuando mencionan que el vapor estaba formado por partículas;

aunque se hablaba acerca de entes particulados, aún no era claro en este punto la asociación de ésta con la de discontinuidad, lo mismo podría decirse para el grupo 1.

El grupo 4, hizo una alusión directa al mencionar que el aire al calentarse aumentaba su volumen debido a la distribución de las moléculas que lo componían, esto pudo estar mostrando ya una idea más cercana a la composición discontinua, además, se mostró un indicio claro de la cinética particular pues cuando se mencionó la “*distribución de posiciones*” estaban refiriéndose al movimiento de las moléculas a las cuales hacían mención. Se notó en esta explicación un avance hacia una mejor comprensión del fenómeno.

El grupo 2 por su parte manifestó que al “*poner fuego la presión de un gas registra el cambio que experimentan las moléculas al chocar contra las paredes del erlermeyer*” este grupo en el paso anterior había mencionado que el aire era una mezcla de gases en diferentes porcentajes, hasta ese momento daban una idea de composición muy simple, ahora introdujeron el concepto de moléculas, y como se había mencionado, puede ser la pauta para dar explicaciones en términos discontinuos; aunque no se dio a entender claramente en la explicación del grupo si el aire (gas) - estaba formado a partir de moléculas o tenía moléculas- . Igualmente, pudo verse alguna pauta explicativa en torno a la cinética discontinua, pues se mostró la noción de movimiento molecular cuando hicieron mención a la idea del choque de las moléculas contra las paredes del recipiente, además, le dieron a tal afirmación una correspondencia causa - efecto cuando dijeron que “*la energía del gas era proporcional a la energía de las moléculas y se inflaba la bomba*”

Los estudiantes del grupo 5 por su parte, no respondieron al paso que se había planteado.

El grupo 4 en su plan propuso realizar otro problema similar con la misma incógnita, en su evaluación indicaron que no habían podido realizar un ejercicio similar por falta de tiempo, pero afirmaron *“creemos que pasará lo mismo si ponemos un balón de goma al sol varias horas, se inflaría”* esta afirmación dio a entender por un lado, que los estudiantes se valieron de otra situación análoga para responder lo que se les había planteado, y por otro lado, tener este problema como símil pudo haber servido para reconocer que la bomba contenía aire en su interior y que el haberse inflado no fue producto del calor, sino más bien, del calentamiento del aire.

Lo anterior se demuestra también cuando el mismo grupo, frente al 4 paso propuesto afirmaron que: *“creemos que si la bomba pierde calor entonces se desinfla porque disminuye el volumen del aire y las moléculas de este se mueven más despacio”* en éste se puede intuir que los estudiantes hicieron referencia a las moléculas como componentes del aire, dando una explicación más del orden discontinuo acompañado por la idea de cinética en las mismas, pues al decir que *“se mueven más despacio”* se dio a entender el movimiento propio de las moléculas por el aumento y disminución de la temperatura.

En esta misma línea se puede incluir al grupo 1 cuando afirmaban que: *“hemos conseguido saber que la temperatura es muy importante para que las moléculas que forman el aire se esparzan y se pueda inflar la bomba”* en tal afirmación se dio a entender igualmente la composición del aire en términos discontinuos, pues se mostró con esto que el aire estaba formado por moléculas las cuales podían moverse cuando aumentaba la temperatura, llevando de esta manera la noción de cinética a las moléculas, cuando hacían mención a que éstas se esparcían y hacían que la bomba se inflara; se le dio entonces a la temperatura, una función diferente a la ofrecida al inicio de la solución de la situación problema, pues

indicaban que el calor y la temperatura eran las responsables de que la bomba se inflará, pero sin precisar en el cómo, es decir, en la función que tiene ésta para producirse el aumento del volumen.

El grupo 5 al final de la evaluación de sus pasos, indicó lo siguiente: *“No pudimos llevar a cabo el plan, tal vez fue mal formulado, claramente no tenemos resultados”* con esto se muestra que la estrategia planteada por el grupo no fue efectiva, no se pudieron llevar a cabo los pasos propuestos y los resultados no se obtuvieron.

Una vez desarrollados cada uno de los pasos y la evaluación respectiva, se dieron a conocer los resultados del trabajo en el siguiente paso del heurístico de resolución. Cada grupo, entonces, mostró los resultados del trabajo expresado en el siguiente cuadro:

REPORTE DE RESULTADOS (En el siguiente cuadro pondrán los resultados que alcanzaron después de hacer el plan y llevarlo a cabo.
<i>Los resultados del grupo fueron los siguientes:</i>  G1:  <i>“Nos dimos cuenta que las moléculas son las que hacen inflar la bomba”</i>  <i>“Nos dimos cuenta que el erlermeyer contiene aire y es el que contiene las moléculas”</i>  <i>“Nos dimos cuenta que la temperatura es muy importante para que las moléculas se esparzan y se pueda inflar la bomba”</i>  G2:  <i>“Nos hemos podido dar cuenta que el aire está compuesto por gases y partículas que al estar en el erlermeyer se esparcen por el calor y la bomba se va inflando”</i>  G3:  <i>“Descubrir que el aire es un gas”</i>  <i>“Que ese gas tiene unas pequeñas partículas”</i>

<p><i>“Que esas partículas permiten que la bomba se infle”</i></p> <p>G4:</p> <p><i>“Sabemos que el aire es una mezcla de gases”</i></p> <p><i>“Los gases cuando se calientan aumentan el volumen”</i></p> <p><i>“Cuando se calienta un gas sus moléculas aumentan el movimiento y volumen”</i></p> <p><i>“Cuando se enfría las moléculas se mueven más despacio”</i></p>
---

**Tabla 1. Resultados a la evaluación de los pasos del plan.**

En las conclusiones planteadas por cuatro de los cinco grupos, se pudo apreciar gran variación entre las ideas que se expresaban para explicar el fenómeno al inicio, y las que se expresaban ya en las últimas etapas de resolución. Con relación a lo que aquí se expresa, se pueden inferir algunas conclusiones parciales que a continuación se mencionan.

Hubo una tendencia en los grupos en asumir una idea de corte discontinua para explicar el fenómeno de la bomba que se infla, con ello se muestra que el problema se abordó desde una mirada distinta, es decir, se interpretó no a la luz de las observaciones directas del fenómeno, sino más bien, desde la composición misma de la materia; es así como se pudieron ver las siguientes respuestas:

G1: *“Nos dimos cuenta que las moléculas son las que hacen inflar la bomba”*

*“Nos dimos cuenta que el erlermeyer contiene aire y es el que contiene las moléculas”*

G2:

*“Nos hemos podido dar cuenta que el aire está compuesto por gases y partículas”*

G3: *“Descubrir que el aire es un gas”*

*“Que ese gas tiene unas pequeñas partículas”*

G4:

*“Sabemos que el aire es una mezcla de gases”*

*“Los gases cuando se calientan aumentan el volumen”*

*“Cuando se enfría las moléculas se mueven más despacio”*

En las respuestas hubo recurrencia cuando los grupos hicieron mención al concepto de “moléculas”, lo que llevó a una noción más cercana a la discontinuidad de la materia, es decir, a una explicación basada en la naturaleza corpuscular, claro está, en el ámbito escolar. Pero, se hará una revisión al uso explicativo del concepto “moléculas” que pocas veces se había usado, y que ahora, se hizo presente en las conclusiones de los grupos de trabajo.

En primer lugar, algunas respuestas parecían apuntar directamente a la idea de discontinuidad cuando mencionaban lo siguiente: *“que las moléculas son las que hacen inflar la bomba”* *“el erlrmeyer contiene aire y es el que contiene las moléculas”* *“el aire está compuesto por gases y partículas”* *“que ese gas tiene unas pequeñas partículas”* si bien es cierto, se hizo mención a la presencia de partículas o moléculas en la explicación del fenómeno trabajado, en éste aún no era muy claro observar si en verdad los estudiantes entendieron que las partículas son la estructura básica de la materia, o en caso contrario, que éstas eran una parte que conformaba la materia; se hace mención a esto pues los grupos indicaron que *“el aire contiene partículas”* *“el aire está compuesto por gases y partículas”* esto denotó una idea de las partículas o moléculas como parte composicional del aire, y el caso era llegar a la noción de las partículas o moléculas como constituyentes básicos de la materia.

A raíz de lo expresado, se planteó un par de preguntas para ver si en verdad la noción de partículas o moléculas era la que se pretendía, es decir, aquella más próxima a la teoría corpuscular.

Las preguntas que se propusieron son las que se había indicado en el paso 1 de esta estrategia heurística, y eran las que correspondían a explicar ¿por qué se infla la bomba? y ¿de qué creen que se infla la bomba? El docente las propuso nuevamente haciendo hincapié a que hicieran uso de todo el recorrido explicativo realizado para responderlas, y además, se tuvieran en cuenta las respuestas que se habían dado inicialmente. La finalidad de esto fue evidenciar que tan productivo había sido el trabajo realizado hasta el momento, y ver en qué medida, se usaron en las explicaciones la noción de discontinuidad en términos de composición de la materia. A continuación se presentan las respuestas de cada uno de los grupos:

*¿Por qué se infla la bomba?*

*G1: "Son las moléculas las que hacen que la bomba se infle"*

*G2: "Porque el aire que contiene dentro el erlrmeyer está compuesto por gases y las partículas del aire que al ponerles calor se esparcen y la bomba se va inflando"*

*G3: "Por medio de unas pequeñas partículas que forman el gas que se van esparciendo en la bomba"*

*G4: "Por el aumento de volumen del aire por el movimiento de las partículas"*

En estas respuestas, muy próximas a las que se había presentado anteriormente, se vio la intención de los estudiantes por explicar el fenómeno en términos de discontinuidad, que son más próximas a la teoría corpuscular que se enseña en el ámbito escolar, al decir por ejemplo que *"el aire que contiene dentro el erlrmeyer está compuesto por gases y las partículas del aire..."* *"...pequeñas partículas que forman el gas que se van esparciendo"* se

evidencia que en tales afirmaciones los estudiantes de los grupos 2 y 3 dieron a entender que las partículas eran constituyentes estructurales del aire (gas), pues el intento explicativo apunta a que el aire estaba formado por partículas (moléculas) y que éstas no son un agregado más del aire (gases).

Los estudiantes de los grupos 1 y 2 mencionaban igualmente a las moléculas, y aunque no se hizo hincapié por determinar que éstas son la mínima expresión de la materia y base estructural de la misma, no se puede obviar el hecho que querían dar a entender que lo que permitía el aumento del volumen de la bomba no era el vapor ni la llama como se había presentado anteriormente, sino las moléculas como parte composicional del aire.

Lo anterior, puede verse reforzado cuando los estudiantes frente a la pregunta: *¿De que creen que se infla la bomba?* respondieron lo siguiente:

*G1: “Cuando las moléculas se esparcen hace que la bomba se infle”*

*G3: “Por medio de unas pequeñas partículas que hacen el aire”*

*G4: “Es el mismo aire pero con el calor aumentó el movimiento de sus moléculas”*

En este sentido, le dieron a las partículas (moléculas) relevancia explicativa, al punto de hacer mención a ellas y alejarse de las ideas preexistentes en torno al calor, a la llama, y al vapor como posibles explicaciones al fenómeno trabajado, y ver como ideas en torno a la discontinuidad de la materia en el marco explicativo de la ciencia escolar salen a relucir y se ponen de manifiesto.

Un segundo hecho importante de los resultados que presentaron los estudiantes, es la idea de cinética discontinua que se hicieron evidentes en los estudiantes, cuando afirmaron lo siguiente: *“Nos dimos cuenta que la temperatura es muy importante para que las moléculas*

*se esparzan y se pueda inflar la bomba” “Nos hemos podido dar cuenta que el aire está compuesto por gases y partículas que al estar en el erlermeyer se esparcen por el calor y la bomba se va inflando” “cuando se calienta un gas sus moléculas aumentan el movimiento y volumen” “cuando se enfría las moléculas se mueven más despacio”* tales expresiones aunque no estaban indicando tácitamente que existe la cinética molecular, si puede inferirse que al usarse expresiones como *“esparcir las moléculas” “aumento y disminución de movimiento”* se hizo mención a ésta propiedad que tienen las partículas, y que en este caso, tiene un gran valor explicativo para el problema .

Es igualmente importante, resaltar el valor que se le dio a la temperatura, pues al inicio de la resolución se presentaba como aquella que permitía el aumento del volumen de la bomba. A los grupos se les preguntó al final, entonces, sobre la importancia de ésta en la práctica que acababan de realizar, a lo que respondieron:

*G1: “La temperatura es la que hace que las moléculas se esparzan y se pueda inflar la bomba”*

*G2: “La temperatura provoca que se esparzan las moléculas”*

*G3: “Que es la que ayuda a inflar la bomba las pequeñas partículas del gas se esparcen”*

*G4: “Que las moléculas se muevan más rápido y el volumen aumente”*

En tales explicaciones, se le atribuyó a este concepto una función importante en el movimiento de las partículas, y no aparecieron entonces las ideas iniciales que aseguraban que servía para que la bomba se inflará -sin indicar el por qué- Entonces, en éstas conclusiones, se aprecia como la temperatura era la que permitía el aumento de la cinética corpuscular y por ende, el aumento de volumen del aire, por la separación que se dio entre las moléculas, es decir, la energía necesaria para que pudiera darse el aumento de la velocidad de las partículas que componen el aire.

La tercera actividad trabajada en esta secuencia didáctica, tuvo por título: *¿Qué hay frente a nosotros?* se usó la misma lógica procedimental que en las situaciones pasadas, teniendo en cuenta las etapas de resolución, el manejo de heurísticos y la metodología de alcanzar objetivos comunes mediante el trabajo colaborativo.

La situación problema tenía algunas características particulares, pues en ésta, los integrantes tenían los ojos vendados y debían lanzar esferas sobre una estructura desconocida; cada uno de los integrantes tenía la oportunidad de hacerlo 6 veces, y una vez lo hubieran hecho, entonces, se quitaban los vendajes y procedían a intuir mediante la experiencia que era lo que allí estaba; éste era el pretexto para introducir uno de los conceptos que hacen parte de la teoría corpuscular de la materia, que se comentará más adelante.

En el primer paso, se les pidió a los grupos que dijeran cuál era la incógnita de la situación, frente a este cuestionamiento cada uno respondió lo siguiente:

*G1: “Cuál es la estructura que hay al frente de nosotros”*

*G2: “Descubrir de que está hecha la superficie”*

*G3: “Qué hace que las esferas reboten”*

*G4: “La incógnita es descubrir que hay frente a nosotros”*

*G5: “Qué hay frente a nosotros”*

En las respuestas de los estudiantes, hubo la intención de entender y descubrir que había al frente, de que estaba hecha la superficie, y por qué las esferas rebotaban una vez chocaban sobre la misma. Si bien, ninguna de estas incógnitas que debían ser resueltas apuntaban al entendimiento de la teoría corpuscular de la materia sobre la cual se basa este estudio, las respuestas a las mismas servirían para entenderla una vez se cumpliera todo el proceso de resolución.

Frente a los datos para que se diera el problema, los grupos plantearon lo siguiente:

*G1: “Conocemos la ubicación de las esferas”*

*G2: “Que unas esferas pasan y otras no”*

*G3: “Que unas esferas pasaron y otras no”*

*G4: “Cuando lanzamos las esferas unas pasaron la superficie y otras rebotaron frente a nosotros”*

*G5: “Que la estructura es muy baja y ancha, pero es sólida pues las esferas quedaron muy cerca luego de rebotar en ella”*

En tales descripciones, los estudiante expresaron lo que observaron al lanzar las esferas, mostrando la ubicación de las mismas y dando posibles características a la superficie; los datos como pueden verse, son basados en la experiencia y con éstos se podía intuir cómo era ésta para explicar el comportamiento de las esferas.

Frente a las condiciones para que se diera el problema, el conjunto de estudiantes planteó lo siguiente:

*G1: “Que no sabemos que hay al frente de nosotros”*

*G2: “La condición es tener los ojos vendados y no ver nada”*

*G3: “No destaparse los ojos”*

*G4: “Que los integrantes del grupo no podían observar lo que hacían porque estaban vendados, no se podía tirar a otra dirección que no fuera al frente”*

*G5: “Tener los ojos vendados y no pararse de la silla”*

Aquí, partieron de las indicaciones dadas por el docente para el desarrollo de la práctica y mostraron que las condiciones preestablecidas para la actividad eran: mantener los ojos vendados y estar en la misma posición para el lanzamiento de las esferas sobre la

superficie. Como puede verse, cada uno de los grupos hizo caso a las indicaciones dadas antes de iniciar la práctica y en todas las respuestas se nota la claridad frente a este hecho.

Teniendo claro la incógnita, los datos y la condición para que se diera el problema, entonces, se procedió a preguntar a cada grupo por aquello que les impedía pasar las esferas a través de la estructura desconocida, para lo cual, respondieron lo siguiente:

*G1: “Las esferas lo que les impedía pasar era que chocaban contra la estructura”*

*G2: “No sabemos, porque aún no hemos descubierto de que está hecha la estructura “*

*G3: “Los bordes de la estructura”*

*G4: “Según nuestros datos algunas esferas no pasaban la estructura porque ésta era como una especie de malla o cortina y nuestra hipótesis es que las más pequeñas pasaban por agujeros que contenía la estructura”*

*G5: “Que la estructura era sólida”*

Como se advierte en las respuestas, los grupos indicaron que la estructura era sólida, pues dijeron que las esferas “chocaban” y esto es demostrativo de algo que es compacto, o al menos, en parte. Algunos por el contrario, dijeron que presentaba orificios parecidos a los que tiene una malla por los cuales pueden pasar las esferas que fueron lanzadas. En general, la apreciación que dieron sobre la estructura, fue indicativo de su posible apariencia, al mencionar que ésta era sólida y posiblemente presentaba agujeros -todo esto dado por los datos recogidos una vez hecha la práctica-.

Igualmente, se les preguntó por la distribución de las esferas en el piso después de haber sido lanzadas, y se indagó si consideraban que existía alguna relación entre la orientación en el suelo de las esferas y la forma que tenía la estructura; para lo cual los grupos respondieron lo siguiente:

G1: xxxxxxxxxxxx

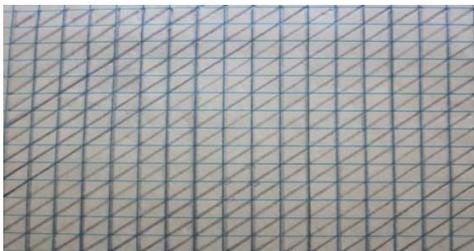
G2: “Si, Algunas pasaban y otras quedaban del otro lado de la estructura”

G3: “La distribución de las esferas después de lanzarlas si tiene relación con la estructura ya que nosotros creemos que esta estructura es como un rectángulo dividido por líneas rectas, al igual que el piso”

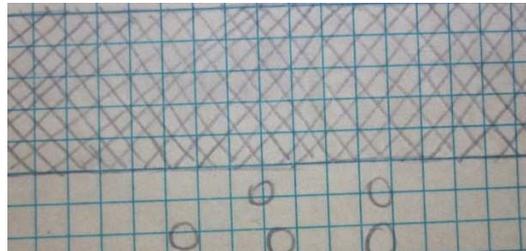
G4: “Si había relación en la forma de la estructura pues creemos que la estructura tenía orificios en ciertos lugares y por éstos pasaron las esferas”

G5: “Si, porque algunas rebotaban en la estructura y quedaban distribuidas al frente de ésta, las otras pasaban por los rotos y quedaban detrás de la estructura”

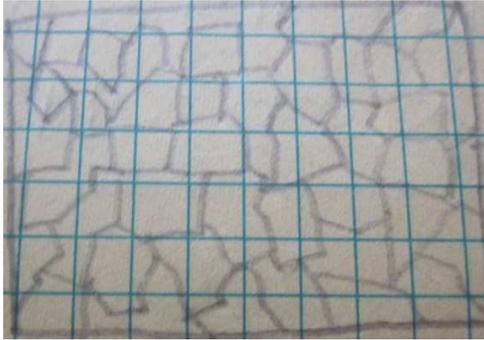
En tales respuestas, comparadas con la anterior, se sumó el hecho que los grupos se atrevieron a describir la posible apariencia que presentaba la estructura, cuando afirmaron por ejemplo, que estaba dividida por líneas rectas, que presentaba orificios en ciertos lugares y que las esferas rebotaban cuando chocaban en ésta; algo que se había repetido en las respuestas anteriores. Entonces, se dieron nociones sobre la estructura desconocida en cuanto a su forma y características, basándose una vez más en los datos obtenidos después de haber hecho la actividad. A los estudiantes se les propuso que hicieran el diagrama explicativo de lo que acaban de mencionar, entonces, partiendo de las respuestas que se habían dado, éstos se dieron a la tarea de dibujar lo que podía ser su estructura desconocida de la siguiente forma:



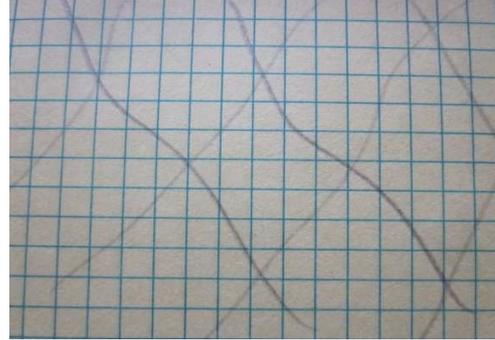
**Fig. 8 Representación estructura  
Grupo 1**



**Fig. 9 Representación estructura  
Grupo 2**



**Fig. 10 Representación estructura  
Grupo 3**

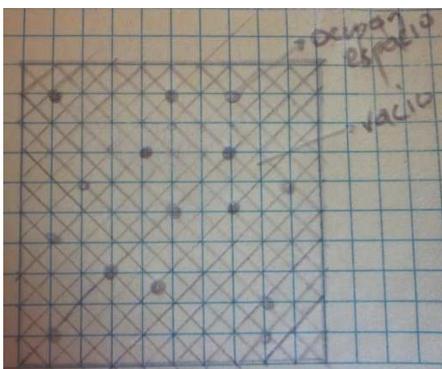


**Fig. 11 Representación estructura  
Grupo 4**

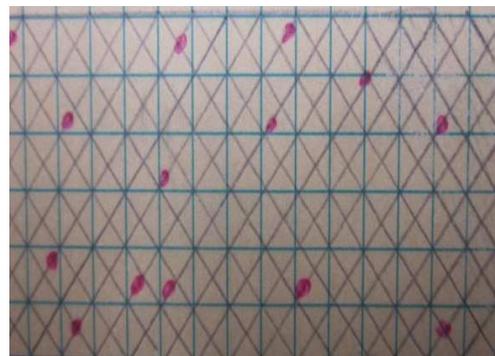


**Fig. 12 Representación estructura  
Grupo 5**

Una vez presentaron los diagramas, se hizo alusión a la siguiente situación: *Si les dijeran que las partículas de gas del problema anterior, pueden distribuirse teniendo en cuenta las características de la estructura desconocida, ¿Cómo dibujarían las partículas?* Cada uno de los grupos, realizaron los siguientes diagramas:



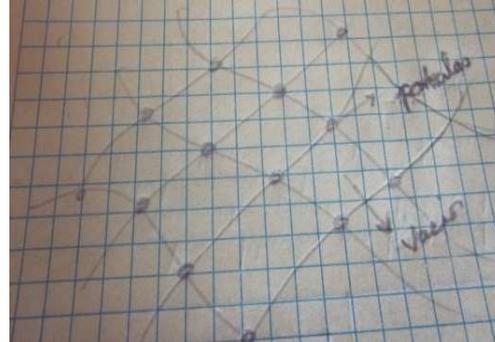
**Fig. 13 Representación partículas gas  
Grupo 1**



**Fig. 14 Representación partículas gas  
Grupo 2**



**Fig. 15 Representación partículas gas  
Grupo 3**



**Fig. 16 Representación partículas gas  
Grupo 4**

Las imágenes de los grupos 1 al 4 mostraron dos cosas, la primera es que representaron a las partículas como pequeñas esferas, distribuidas en una “red”, o al menos eso es lo que mostraron los dibujos, y la segunda es que algunos de ellos hicieron mención a la presencia de espacios vacíos -donde no hay partículas-; tales ideas se han visto representadas toda vez que el docente les ha hecho caer en cuenta que para realizar tales representaciones debían tomar la imagen de la supuesta estructura, y una vez la tuvieran, mencionaran donde sería el lugar más propicio para ordenar las partículas a las que se hacían mención en el problema anterior; de esta forma, lograron desarrollar lo que allí se tiene, y que seguramente serviría para afianzar un concepto propio de la teoría corpuscular en el ámbito escolar, la noción de *vacío entre las partículas*.

Cuando cada grupo desarrolló su esquema explicativo, se les indagó entonces, por lo siguiente: *¿Cuál es la principal característica que presenta la distribución de las partículas que han dibujado?* Para lo cual, los grupos respondieron lo siguiente:

G1: *“Que presentan un vacío”*

G2: *“Que las partículas al formar las barreras no dejarían pasar las esferas. Que entre cada partícula tiene un vacío”*

G3: *“La característica es que estas partículas presentan un espacio vacío”*

G4: *“Que se unen poco a poco, creemos que son esferas pequeñas y que entre ellas no hay nada”*

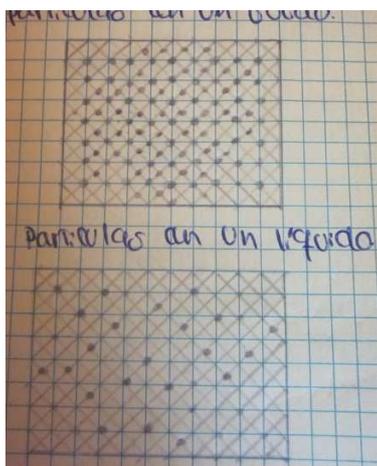
G5: *“Que están dispersas”*

Estas respuestas, por ejemplo para el grupo 1, sugirieron que cuando las partículas se disponen de esta manera en la “red” que han dibujado, hay la presencia de un vacío entre ellas, que pudo verse representado en el esquema que han hecho; haber sugerido esto que no es tangible, pero que mediante el ejercicio se pudo inferir, pudo contribuir al entendimiento de la noción de vacío molecular propio de la teoría corpuscular en el ámbito escolar. En este mismo sentido los grupos 2, 3 y 4 apuntaron a criterios similares al expresar por ejemplo que *“las características de estas partículas es que presentan un espacio vacío”* o *“creemos que son esferas pequeñas y entre ellas no hay nada”* el haber dicho que no hay nada o presentaban vacío, es una afirmación producto del trabajo realizado y de los esquemas propuestos.

El grupo 2, por ejemplo afirmó que *“las partículas al formar las barreras no dejarían pasar las esferas”* esta afirmación parece obedecer a la configuración que pueden tener las partículas para formar una estructura, y que en ésta, existe un punto que permite una “barrera”, es decir, un lugar que es “compacto” dentro de esta organización; además, mencionaban la posibilidad de que entre cada partícula se presentara un vacío, algo recurrente en las ideas de los otros grupos.

Otros elementos importantes de estas respuestas fueron aquellos en los cuales se mencionaban aspectos inherentes a la composición discontinua y a la distancia molecular, cuando, por ejemplo, los grupos 4 y 5 dieron a entender que las partículas eran las constituyentes del gas y cuando dijeron que éstas “*se unen poco a poco*” y se “*encuentran dispersas*” obedeciendo posiblemente a las distancias que se encuentran entre las partículas de la materia, en este caso del gas, cuando se encuentran ordenadas de esta manera.

A raíz de lo expuesto, y de la disposición de las “partículas” en la “red” que ellos habían concebido, se les sugirió, entonces, que dibujaran ahora las partículas que forman a un sólido y a un líquido. Estas fueron las representaciones de los grupos 1,2, 3, 4; los que corresponden al grupo 5 no se muestran, pues los estudiantes no lo realizaron.



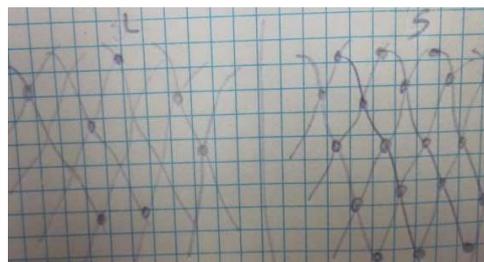
**Fig. 17 Representación del orden de las partículas de sólidos y líquidos**  
**Grupo 1**



**Fig. 18. Representación del orden de las partículas de sólidos y líquidos**  
**Grupo 2**



**Fig. 19 Representación del orden  
De las partículas de sólidos y líquidos  
Grupo 3**



**Fig.20 Representación del orden  
de las partículas de sólidos y líquidos  
Grupo 4**

Las representaciones fueron inspiradas en la experiencia hecha, el docente instó a los grupos para que usando la forma de la “estructura desconocida” se pudieran ordenar las “partículas” en los sólidos y los líquidos de manera análoga como se había realizado en los gases. Teniendo presente la apariencia y consistencia de los 3 estados, entonces, cada grupo procuró representar esto mediante esquemas los cuales mostraron la posible ubicación y distribución particular para que fuera posible la apariencia tangible y macroscópica que nos muestran los diferentes materiales. En los esquemas presentados, entonces, se pudo inferir que cada grupo hizo alusión a la presencia de vacíos entre las mismas partículas.

A raíz de las representaciones hechas, se les preguntó a los estudiantes si en verdad creían que las partículas de los sólidos y los líquidos pudieran tener esa forma cuando estaban juntas, a lo que cada uno respondió lo siguiente:

*G1: “Si, porque todas forman un vacío, unos más grandes que otros”*

*G2: “Si porque cuando se unen forman las estructuras”*

*G3: “No tienen la misma forma, porque cuando están juntas si hay espacio pero más pequeño”*

*G4: “Si, porque cuando se juntan forman algo, si es muy junto es sólido porque las partículas están mas juntas, si es muy separado es un líquido porque las partículas están más separadas”*

G5: -----

En dichas apreciaciones se infiere que los grupos dieron a entender dos ideas importantes, la idea de distancia molecular y la de vacío que harían parte de la teoría corpuscular de la materia en el ámbito escolar; por ejemplo, cuando los grupos mencionaron *“forman un vacío más grandes que otros” “cuando se unen forman las estructuras” “no tienen la misma forma porque cuando están juntas.....” “si es muy junto es sólido, si es muy separado es líquido”* se refirieron a las posibles distancias que pueden llegar a existir entre las partículas, y como éstas permitían que las estructuras fueran diferentes unas de otras, pues en su diferente organización daban lugar a los sólidos, líquidos o gases.

Igualmente, la idea de vacío se hizo recurrente cada vez que los estudiantes hacían sus representaciones y los verbalizan, pues indicaban cosas como *“si porque todas forman un vacío” “... cuando están juntas, si hay un espacio pero más pequeño”* que mostraban y daban a entender que la materia no era compacta -como podría verse en los elementos sólidos-, sino que tenía “espacios” entre las partículas que dependiendo de la distancia entre éstas daban origen al estado gaseoso, líquido o sólido.

Sumado a lo anterior, y atendiendo a las respuestas y representaciones que se había planteado, se les preguntó a los estudiantes lo siguiente: *¿por qué los sólidos son impenetrables, mientras que los líquidos y gases si?* Las respuestas de cada uno de los grupos fueron las siguientes:

G1: *“Porque las partículas de los sólidos están más juntas, mientras que la de los gases y líquidos son más separadas formando un mayor vacío”*

G2: *“Porque las partículas de los sólidos son más unidas y los líquidos y gases son más separados”*

G3: *“Porque partículas de los sólidos están demasiado juntos y solo dejan un poco de espacio, en cambio, los líquidos y gases están un poco más separados y esto permite que haya un espacio más amplio”*

G4: *“Los sólidos tienen las moléculas juntas que forman un espacio concreto y los líquidos y gases tiene las moléculas más separadas y es lo que hace que sea más fácil penetrar, entre las moléculas por el ejercicio visto al parecer no hay nada”*

G5: -----

En las respuestas de los grupos, pudo apreciarse varias ideas que hacen parte de lo que es la naturaleza corpuscular de la materia en el ámbito escolar, pues se indicaron ideas centrales tales como: discontinuidad, distancia molecular y vacío molecular. Frente a la primera idea, los grupos mencionaban *“porque las partículas de los sólidos están más juntas”* *“porque las partículas de los sólidos son más unidas y los líquidos y gases son más separados”* *“los sólidos tienen las moléculas juntas”* *“los líquidos y gases tienen las moléculas más separadas”* todas estas ideas, entonces, dieron a entender que los estudiantes piensan que el hecho que algo sea sólido, líquido o gaseoso no se explica desde lo aparentemente perceptible, sino más bien, desde la arquitectura interna de la materia, como aquella formada por partículas que dependiendo de su conformación da origen a los estados de ésta.

Ahora, sumado a este hecho, la distancia molecular también se puso de manifiesto en las explicaciones de los estudiantes cuando expresaron lo siguiente: *“las partículas de los sólidos son más unidas y en los gases más separadas”* *“porque las partículas de los sólidos están demasiado juntos, en los líquidos y gases están un poco más separados”* *“los sólidos tienen las moléculas juntas”* estas expresiones pueden inferir la estructura de la materia atendiendo a un orden y una ubicación de las partículas que hacen parte de algo material, es decir, dependiendo de su naturaleza obedece el orden particular, indicando de

esta manera el por qué la impenetrabilidad de los sólidos frente a los líquidos y gases; todo se basó en la organización interna y en estas explicaciones se insinuó la posible organización de las partículas que los estudiantes enunciaban al abordar los problemas propuestos.

Sumado a lo anterior, es decir, las ideas sobre la discontinuidad y distancia molecular de las partículas, se añade el hecho de mencionar que frente a esta organización propia de los entes particulados en sólidos, líquidos y gases, pueden presentarse “vacíos” y esto se puede ver claramente en lo expuesto por los grupos cuando afirmaron que: *“las partículas de los líquidos y los gases son más separadas formando un mayor vacío”* *“entre las moléculas por el ejercicio visto al parecer no hay nada”* éstas expresiones son producto de algo, que para ellos, resultó lógico al observar la disposición y ubicación de las partículas en la supuesta “red” sobre la cual se basó el problema de la estructura misteriosa; solo así, algo que es extremadamente abstracto puede hacerse evidente en las ideas de los estudiantes cuando se les pregunta por la estructura interna de la materia. La idea de vacío molecular que es uno de los conceptos más complicados de entender en la teoría molecular, se puso de manifiesto o al menos en parte, en la solución de este problema.

Al final de todo el proceso, se les pidió a cada grupo que indicaran, entonces, las conclusiones que obtuvieron frente al problema de la “estructura misteriosa”, sobre la cual se pretendía trabajar la idea de vacío molecular. Las conclusiones propuestas por los grupos fueron las siguientes:

REPORTE DE RESULTADOS (En el siguiente cuadro pondrán los resultados que alcanzaron después de realizar la práctica y responder las preguntas propuestas a partir de la misma

Los resultados del grupo fueron los siguientes:

G1: *“Entre cada partícula hay un vacío”*

*“Las partículas de los gases y líquidos son más separadas que los sólidos”*

*“La acomodación de las partículas hacen que unos cuerpos sean más permeables que otros”*

*“Todo cuerpo contiene partículas”*

G2 *“Un gas puede ser traspasado fácilmente debido que tienen espacio entre las partículas”*

*“Que las partículas están conformados por espacios, ya sean grandes o pequeños”*

*“Que los líquidos se pueden traspasar ya que sus partículas son más separadas”*

*“Nos dimos cuenta que un sólido no se puede traspasar debido a que los espacios entre las partículas son muy juntos y pequeños”*

G3: *“Los líquidos, los gases y los sólidos están compuestos por diminutas partículas”*

*“Las partículas de los sólidos están demasiado juntas pero guardan un espacio entre ellas”*

*“Las partículas de los líquidos están un poquito más separadas y también guardan espacio entre ellas”*

*“Las partículas de los gases están demasiado separadas y al igual que los líquidos y los sólidos estos guardan espacio entre ellas”*

G4: *“Pues ahora sabemos que los líquidos y los gases se traspasan más fácil”*

*“Los gases y los líquidos están compuestos por moléculas separadas”*

*“Los sólidos están compuestos por moléculas juntas”*

*“Sabemos que las moléculas cuando se juntan ocupan un espacio y entre ellas no hay nada un espacio vacío”*

\*El grupo 5 no realizó conclusiones al respecto, debido a que no concluyeron las etapas propuestas.\*

**Tabla 2. Resultados a la evaluación de los pasos del plan**

Frente a estas conclusiones, se deben resaltar aquellas ideas que se han puesto al servicio de la explicación en términos de la naturaleza discontinua de la materia, como son la discontinuidad, la distancia molecular y el vacío; que dan cuenta de la explicación de un fenómeno partiendo de su naturaleza micro y no simplemente de su descripción física

macro. Por ello, al ver las coincidencias de los grupos, se parte entonces, de las ideas antes mencionadas.

En primera instancia, se indicó por parte de los grupos al igual que se hacía en el problema anterior, la presencia de partículas como hecho fundamental para explicar la composición de la materia, por ello, en las conclusiones de los grupos se apreció lo siguiente: *“La acomodación de las partículas hacen que unos cuerpos sean más permeables que otros”* *“Todo cuerpo contiene partículas”* *“Las partículas están conformados por espacios, ya sean grandes o pequeños”* *“Los líquidos, los gases y los sólidos están compuestos por diminutas partículas”* *“Sabemos que las moléculas cuando se juntan ocupan un espacio”* estos hechos confirmaron el cambio de las ideas que presentaban los estudiantes, cuando hablaban de la composición de los materiales; no se hacía alusión a términos de composición aparente, mediada por los sentidos, sino en términos discontinuos cuando mencionaron que las partículas estaban presentes en todos los cuerpos, que presentaban un orden particular y que este hecho hacía que puedan ocupar un espacio.

Frente al orden de las partículas, los estudiantes en sus conclusiones mencionaron lo siguiente: *“Las partículas de los gases y líquidos son más separadas que los sólidos”* *“La acomodación de las partículas hacen que unos cuerpos sean más permeables que otros”* *“Un gas puede ser traspasado fácilmente debido que tienen espacio entre las partículas”* *“los líquidos se pueden traspasar ya que sus partículas son más separadas”* *“Los gases y los líquidos están compuestos por moléculas separadas”* *“Los sólidos están compuestos por moléculas juntas”* Estas afirmaciones indicaron cómo las propiedades físicas de los sólidos, líquidos y gases estaban dadas en términos discontinuos donde se aborda la explicación de su naturaleza, atendiendo al orden y a la distribución espacial que presentan

las partículas que los conforman, es decir, a la distancia promedio que puedan tener éstas. En ningún momento se mencionó el hecho que los sólidos sean compactos, pues se aludió más bien a la diferencia de permeabilidad que presenta un material sobre el otro, tomando como referencia siempre el orden molecular. Por ello, las expresiones que aquí se mencionan, infieren que los estudiantes concibieron la estructura de los materiales no desde la visión “equivocada” que pueden brindar nuestros sentidos, sino más bien, desde la lógica corpuscular propia de la teoría discontinua escolar.

Para terminar, lo que parece interesante, es que 4 de los 5 grupos, pudieron mencionar en sus explicaciones y conclusiones la idea de vacío entre las partículas, pues haber entendido la naturaleza discontinua es en sí un gran avance, pero dar señales que puedan evidenciar en parte el reconocimiento del vacío molecular, es un gran logro, que pudo verse en las siguientes expresiones: *“Entre cada partícula hay un vacío” “que un sólido no se puede traspasar debido a que los espacios entre las partículas son muy juntos y pequeños” “Un gas puede ser traspasado fácilmente debido que tienen espacio entre las partículas” “Las partículas de los sólidos están demasiado juntas pero guardan un espacio entre ellas” “Las partículas de los líquidos están un poquito más separadas y también guardan espacio entre ellas” “Las partículas de los gases están demasiado separadas y al igual que los líquidos y los sólidos estas guardan espacio entre ellas” “Sabemos que las moléculas cuando se juntan ocupan un espacio y entre ellas no hay nada, un espacio vacío”* La recurrencia general en todas estas expresiones fue el reconocimiento del vacío molecular en el orden y distribución de las partículas, además, el hecho explicativo que esto conlleva; pues una propiedad física como la impenetrabilidad, se explicó atendiendo al poco espacio que presentaban las partículas de un sólido y no al simple hecho de ser sólido en sí,

explicación ésta recurrente en los estudiantes al iniciar el estudio. La noción de vacío entre las partículas, apareció entonces, como consecuencia de la experiencia hecha, que se hizo tangible al ser representado por un esquema explicativo, tomando la “red” como analogía para poder entender la ubicación, el orden y la distribución de las partículas, además, la presencia de vacío entre las mismas.

### **6.3 Periodo Post-Applicación**

Una vez desarrollados los problemas, cuya finalidad era la de resaltar elementos importantes que hacen parte de la teoría corpuscular de la materia en el ámbito escolar, se llevaron al aula de clases 3 situaciones que debían desarrollar de manera independiente, atendiendo a las conclusiones que se había dado en los problemas anteriores, sin insinuar claro está, que tenían que hacerlo. Estas situaciones, fueron planteadas cuatro semanas después de haber terminado la resolución de los problemas, la razón de ello fue ver el impacto de la propuesta y cómo se había interiorizado los conceptos que tan bien daban razón a la naturaleza corpuscular de la materia en el ámbito escolar; para ello, se adaptó una estrategia de explicación y contrastación propuesta por Gómez Crespo, Pozo & Gutiérrez, (2004), la cual hace hincapié en la diferenciación entre las explicaciones macroscópicas y microscópicas, además, de la integración de ambas para un mejor entendimiento de la teoría corpuscular de la materia.

Se usó tal estrategia, pues se quería comprobar si en verdad los estudiantes tenían claro el modelo molecular de partículas para explicar ciertas situaciones, y si era así, entonces, podrían hacer la distinción clara entre explicaciones del orden macroscópico (que atienden a lo continuo) y del orden microscópico (que atienden a lo discontinuo).

Las situaciones fueron trabajadas individualmente, y en ellas, se pretendió describir y medir los avances explicativos de las mismas; igualmente, hubo un momento colectivo, no de construcción sino de comparación, donde los estudiantes compartían sus respuestas y a partir de las mismas, encontraban semejanzas o diferencias que pudieran ser tomadas en cuenta para revalidar las respuestas dadas.

La primer situación correspondía a lo siguiente: debían tomar dos sustancias, agua y una tinta de color; el agua debía ser vertida a un vaso y una vez hecho esto, se echaba lentamente y gota a gota la tinta, por último, se dejaba en reposo y se observaba lo ocurrido. A cada estudiante se le insinuó que debía explicar tal situación desde el punto de vista macroscópico y microscópico, es decir, atendiendo a lo que podemos ver a simple vista y lo que se escapa a ella; las respuestas de los estudiantes fueron las siguientes:

#### Explicación Macroscópica:

*Est 1: “Que las gotas fueron cayendo una por una y la primera cayo y se vio más clara, la segunda más oscura y más rápida así sucesivamente observaban como unas telitas”*

*Est 2: “La tinta se mezcla con el agua y después de unos minutos una parte de la tinta se asentó”*

*Est 3: “Se ve rojo por la tinta más abajo que arriba”*

*Est 4: “El agua se va volviendo del color de la tinta, en este caso roja”*

*Est 5: “Podemos ver que el agua al disolverse con la tinta va cogiendo el color de esta”*

*Est 6: “Cuando la tinta llegó al agua y empezó a bajar lento, la segunda un poco más rápido y las 3 últimas muy rápido y se dispersó por el agua y el agua cambió de color y se ven más burbujas en el vaso”*

*Est 7: “El agua se combina con la tinta, después de unos minutos la tinta se asentó y el agua se puso de un color rojizo”*

*Est 8: “Una parte de la tinta se combinó con el agua y en el asiento quedó con más tinta que con el resto”*

*Est 9: “se observó que cuando cayó la primera gota cayó al fondo lentamente, y la segunda, la tercera y las otras ya bajaron al fondo más rápido después le quedó como una especie de fibras en el centro del vaso, a los 20 minutos las fibras se disolvieron y el agua cambió su color en el fondo más oscuro, más arriba, más claro y ya en la base más clara que las demás”*

*Est 10: “Al echar la tinta en el agua pude observar que el agua coge tres fases, la primera en el fondo del vaso del agua es oscura, la segunda fase del agua es más clara, la tercera fase del agua es mucho más clara. El agua acoge el color de la tinta y se vuelve zapote, zapote oscuro y termina en rojo, cuando le echaron la tinta, la primer gotera cayó muy despacio y va dejando fibras y color al ir bajando”*

*Est 11: “Cuando echamos la primer gota se demoró el colorante para bajar al fondo del vaso, cuando echamos las cuatro gotas bajaron ligeramente, cuando esperamos tres minutos se dividieron en tres etapas, una oscura, clara y muy clara”*

*Est 12: “Cuando la primer gota de tinta se echó cayó rápidamente, cuando cayó la segunda gota fue un poco más lento, la tercera cayó con un poco más de velocidad así pasó con las otras dos, cuando miras bien en el vaso vez que el fondo esta oscuro y en el medio no tan oscuro y por encima cogió un color como zapote más claro”*

*Est 13: “Las gotas iban cayendo y bajaron suavemente al fondo del vaso, en la parte de arriba se observa una pequeña capa de tinta al igual que en el fondo y en el intermedio no se observa casi nada”*

*Est 14: “Cuando la primera gota cayó, cayó más lento y las otras gotas caían más rápido una que la otra. La tinta se esparció en el vaso en ciertas partes está más oscura”*

*Est 15: “La tinta en la primera gota bajó despacio y de un color menos claro, y en la segunda y tercera gota bajó más rápido y de un color rojo más oscuro, la tinta bajó al fondo y se detuvo pero también se quedó un poco de tinta en la superficie”*

*Est 16: “La tinta se disolvió en el agua muy levemente”*

*Est 17: “Al caer la gota veo que van cayendo muy despacio la tinta y van quedando como fibras en el centro del agua pero la mayoría del color se queda en el fondo y el agua va tomando el color de la tinta, también se observa que la tinta se disuelve totalmente”*

*Est 18: “A simple vista podemos observar que la tinta y el agua no se disolvieron de una sino que fue después de un momento y cuando se unieron el agua comenzó a tomar el color de la tinta”*

El 100% de las explicaciones dadas por los estudiantes atendieron a descripciones directas, es decir, lo que vieron cuando ocurre el vertimiento de la tinta en el agua; en éstas se mostraron los procedimientos hechos y la manera como el agua tomó el color de la tinta, diciendo que la tinta se mezclaba, se iba disolviendo y al final quedaba en el fondo del vaso. En ningún momento se dio a entender el por qué se disolvía, por qué tardaba tiempo en cambiar de color el agua y por qué al final un porcentaje de la tinta quedó en el fondo; esto muestra que lo expuesto por los 18 estudiantes atiende simplemente a lo que nuestros sentidos puedan brindarnos, que en muchos casos, son informaciones “equivocadas” o alejadas de la realidad.

Frente a lo expuesto, también se les pidió a los estudiantes que explicaran el mismo fenómeno, pero ahora, atendiendo a una explicación microscópica; mostrando los siguientes resultados:

Los estudiantes 4, 6, 12,13 y 15 que corresponden al 27.7% de la muestra total, mostraron dificultades explicativas en términos microscópicos, pues las respuestas eran muy similares a las expresadas en la explicación macro, es así como mencionaron, por ejemplo, que el fenómeno se daba porque *“El agua apenas se está disolviendo pues apenas está llegando al asiento”*, *“ Se observa que el color rojo se queda en el fondo y observó muchas burbujas”*, *“Cuando las gotas de tinta se unieron con el agua no se muy bien por qué su reacción fue tan lenta, tal vez los químicos tardaron en mezclarse”*, *“A diferencia de la macroscópica si observamos bien podemos observar que en el medio hay tinta”*, *“La tinta se deshizo en el agua y el agua se aclaró un poco”* En todas ellas, lo preponderante era la

aparición del fenómeno y no sobrepasó la barrera de lo observable, es decir, la imagen continua de la materia se mostró de manera clara en éstas afirmaciones y no se vio señal explicativa alguna que hiciera alusión a que la materia presenta una composición no aparente, ni perceptible; pero que puede hacerse evidente por el comportamiento externo, a manera de una “caja negra”.

Los estudiantes 1, 2, 3, 7, 8, 14, 16 que corresponden al 38.8% de la muestra total, dieron a entender que la tinta se disolvía en el agua por la presencia de partículas o átomos constituyentes de los mismos; esto se demostró en expresiones tales como: *“Las partículas de la tinta se disolvieron y el agua fue cogiendo el color de la tinta”*, *“Los átomos de la tinta y los del agua se unieron entre sí”*, *“Los átomos que tiene la tinta se mezclaron con los átomos que tiene el agua”*, *“Que los átomos que tienen estas sustancias se unieron entre sí”*, *“Las partículas se esparcieron en la superficie, las partículas se combinaron lentamente con las del agua”* En este grupo de estudiantes, a diferencia del anterior, se dieron a entender aspectos inherentes a la composición de la materia, pues al mencionar a los átomos, se intuye que les dan a éstos funciones inherentes a la composición de los materiales, que aunque no se aprecian están presentes; se menciona pues que son los elementos constituyentes de lo que es tangible y puede verse, en otras palabras, se explicaron fenómenos macroscópicos en términos microscópicos. El cambio de color en este caso, no es un asunto de percepción exclusivamente, sino de entender que el cambio se da por la interacción de partículas constituyentes del agua y de la tinta.

Los estudiantes 5, 9, 10, 17 y 18 que corresponden al 27.7% del total de la muestra, asumieron el cambio de color del agua a dos circunstancias, la primera a la conformación

por partículas y la segunda a la presencia de espacios vacíos; las siguientes respuestas marcan lo expresado: *“Los vacíos que presenta el agua fueron ocupados por las partículas de la tinta, así el agua se volvió roja”, “Como el agua tiene espacios, esos espacios los ocupa partículas de la tinta”, “Pudo ser que la materia tiene espacios y esos espacios los llenó la tinta”, “Creo que lo que le permite a esto disolverse es que el agua tiene vacío y la tinta como sus partículas son tan separadas se juntan para formar una nueva sustancia”, “Los vacíos que presenta el agua fueron ocupados por las moléculas de la tinta provocando la unión de la materia y dándole color al agua”* Hay dos hechos claves para mencionar al respecto; el primero de ellos, fue el reconocimiento que la materia está constituida por algo, y ese algo son las partículas -que se muestran otra vez como elementos explicativos del fenómeno- lo que le dio sentido a la discontinuidad de la materia; el otro, fue el reconocimiento de la existencia de espacios vacíos en la materia, pues mencionaron que éstos pueden ser ocupados por las partículas -en este caso de la tinta- para favorecer el cambio de coloración del agua; aunque el cambio de coloración tiene una explicación fundamentada en la *cinética propia de las partículas* de ambas sustancias, fue significativo el hecho que mencionaran al espacio vacío, como algo realmente existente en las sustancias.

Los estudiantes igualmente trataron de representar gráficamente las ideas macroscópicas y microscópicas del fenómeno de la coloración de la tinta, en dichas representaciones, se mantuvieron las ideas relacionadas con la discontinuidad de la materia y la noción de vacío molecular, que aunque no se dieron detalles sobre las mismas, pueden inferirse a partir de los gráficos.

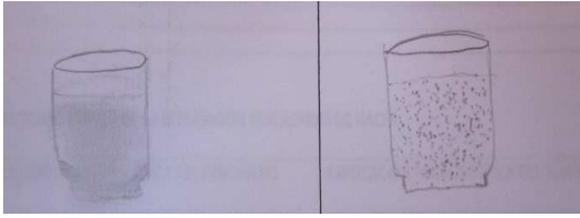


Fig. 21 Comparación entre las ideas Macro y Micro  
Estudiante 2

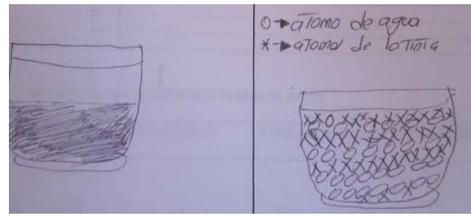


Fig. 22 Comparación entre las ideas Macro y Micro  
Estudiante 7

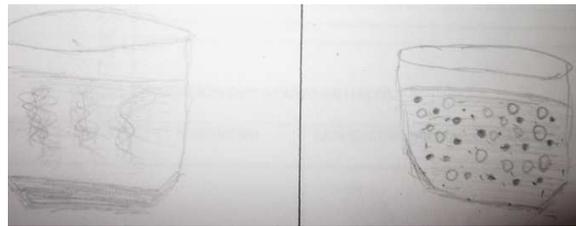


Fig. 23 Comparación entre las ideas Macro y Micro  
Estudiante 8

Al final podría decirse que el 66% de los estudiantes tuvieron en cuenta en sus explicaciones ideas relacionadas con la discontinuidad de la materia, cuando insistieron en la presencia de partículas dándole un carácter microscópico a éstas; sumado a eso, el hecho de mencionar ideas relacionadas con el vacío molecular en las que no hubo mucha precisión conceptual, pero se reconoce que existe y lo tuvieron en cuenta para explicar algún fenómeno, como el trabajo. No deja de ser interesante el hecho que los estudiantes no hayan tenido en cuenta la cinética molecular como un hecho explicativo para la situación presentada.

Al pedirles a los estudiantes diferencias encontradas entre las ideas macroscópicas y las ideas microscópicas, éstos dieron expresiones tales como: *“En la macroscópica podemos ver y en la microscópica nos imaginamos lo que puede pasar”*, *“Lo macro es donde lo podemos observar desde donde estamos, lo micro es cómo se comporta lo que está en el*

vaso”, *“Que en la macroscópica lo podemos ver y en la microscópica nos imaginamos lo que puede pasar”, “Que lo macroscópico se miró desde un punto muy distinto a lo microscópico porque lo microscópico fue prácticamente lo que pensábamos pero no lo vimos, en cambio lo macroscópico pudimos observar el procedimiento y sacar conclusiones acertadas”, “En la macro podemos ver lo que hacen los compuestos y en lo micro no sabemos en dónde están los elementos, solo sabemos que están hechos de algo”.*

En todas ellas se denotó algo recurrente, frente a lo macro se refirieron a aquello que pueden ver, lo que observan tan pronto se da la situación, las características superficiales del fenómeno; mientras que al referirse a lo micro, expresaron la necesidad de imaginarse lo que sucede y sacar conclusiones frente a esto; indicando con ello, que hicieron una clara inferencia hacia el traspaso de la barrera de lo observable y expresaron con base a las experiencias tenidas, que aquello que sucede se debe al comportamiento composicional de la materia, en este caso, el agua y la tinta, que se comportan como una “caja negra”.

Finalmente, al comparar las explicaciones dadas sobre el fenómeno con otros compañeros, aquellos estudiantes que insinuaron ideas relacionadas con la discontinuidad, el vacío molecular y la distancia de las moléculas, manifiestan en un 100% estar de acuerdo con lo que han expresado, tal es así que hicieron referencia a ello cuando dijeron por ejemplo: *“Estamos de acuerdo en que lo microscópico se observan fenómenos internos de la materia”, “Estoy de acuerdo con la explicación desde el punto de vista microscópico de mis compañeras”, “Comparando las respuestas de mis compañeros me quedo con la mía”, “Me quedo con mis explicaciones, creo que mis compañeros no me dieron una idea más clara de lo que estábamos viendo”* En conclusión, expresaron tener seguridad sobre lo

que han escrito, lo que parece indicar seguridad conceptual para la explicación del fenómeno estudiado, basándose en la naturaleza corpuscular de la materia.

En una segunda situación, se les dio a los estudiantes una jeringa sin aguja, tapando el orificio de salida y empujando el embolo. Una vez hecha la experiencia, se les pidió que explicaran el fenómeno desde el punto de vista macroscópico y desde el punto de vista microscópico, de la misma manera que la experiencia pasada. Las respuestas que dieron por los estudiantes para explicar lo que ocurrió a nivel macroscópico, fueron las siguientes:

Un grupo de estudiantes que representan el 55.5% del total de la muestra, expresaron que lo sucedido se debió a que el émbolo empuja el aire que se encuentra dentro de la jeringa y este se comprime; algunas expresiones que marcan este hecho son las siguientes: *“El émbolo empuja al aire y al tapar la punta de la jeringa se comprime el aire”*, *“Cuando se tapa el orificio de salida, se devuelve el émbolo porque al ir subiendo el émbolo el aire se comprime y luego vuelve a su estado normal”*, *“Se observa que cuando el émbolo entra hacia la jeringa, el aire se comprime porque el orificio de la jeringa está tapado”*, *“El aire se comprime ya que cada vez que tratamos de subir el émbolo, el aire comienza a comprimirse y no permite que el émbolo siga subiendo”* En todas estas respuestas se dijo que el aire se comprime al ser empujado por el embolo, al ser una descripción macroscópica, los estudiantes solo se dedican a explicar lo que ocurre allí, atendiendo simplemente a lo que pueden observar e intuir a partir de sus sentidos.

Otro grupo de estudiantes que representan el 22.2%, dieron explicaciones un poco más simples que las anteriores, indicando que el embolo se detuvo en la punta de la jeringa, y que éste subió solo hasta cierto punto, a manera de ejemplo, algunas expresiones que

indican esto son: *“Cuando tapamos la punta de la jeringa y presionamos el émbolo, no alcanza a subir todo, se retiene en la punta de la jeringa y si destapamos la punta el embolo sube todo”, “Cuando tapamos el orificio de la jeringa el émbolo sube hasta un punto”*

Otro grupo, que representaba también el 22.2% explicaron en términos generales que lo ocurrido en la jeringa es producto de la presión y que costaba subir el émbolo, algunas expresiones que apuntaban a esto son. *“Por la presión ejercida cuesta mucho subir el émbolo, hasta cierto punto que no sube más”, “Se ve que el instrumento no sube más por medio de la presión y el aire que no tiene por donde salir”, “Cuando tapamos el roto de la jeringa, al émbolo le cuesta subir, es decir, el émbolo sube hasta cierta parte, cuando soltamos el émbolo este se devuelve por la presión que le hace el aire”*. Como puede advertirse, al igual que las explicaciones anteriores, estaban basadas en experiencias sensoriales para dar respuesta a la situación planteada, solo se explicó parcialmente el cómo, pero no el por qué del fenómeno.

Ante la misma situación, los estudiantes expusieron también sus explicaciones basados en criterios microscópicos, dando como resultado lo siguiente: El 27.7% de la muestra que corresponde a los estudiantes 5, 6, 8, 9 y 11, cuando respondieron en términos “microscópicos”, en sus ideas no se notaron diferencias entre la visión macro y la micro; es así como al pedirles que explicaran qué ocurrió a nivel micro apuntaban a decir cosas tales como: *“Cuando se tapa el orificio y empezamos a subir el émbolo, el aire crea como una especie de barrera, impidiendo el paso del émbolo. Después de soltar el émbolo, el aire expulsa como una especie de energía así este se devuelve”, “:El aire que está formado*

*por oxígeno y de pronto hay masa, y el émbolo no alcanza a subir todo pero si soltamos la punta de la jeringa el aire ya no se comprime”, “Desde lo micro podemos imaginar que la jeringa contiene aire”* Estas respuestas, son en naturaleza idénticas a las descritas en la explicación macro, donde los estudiantes no sobrepasan la barrera de lo observable y se quedan en descripciones tácitas de lo que perciben.

Por su parte, el 66.6% de la muestra que corresponde a los estudiantes 1, 2, 3, 4, 10, 12, 13, 14, 15, 16 ,17 y 18, dieron a entender que lo ocurrido con la jeringa estaba determinado por la constitución del aire, al mencionar que éste estaba formado por partículas que bajo condiciones de presión tienden a juntarse, haciendo difícil que el émbolo llegue hasta la punta de la jeringa. Tal hecho, está enmarcado en explicaciones tales como: *“Las partículas del aire se juntan y quedan apretadas y el émbolo no baja más”, “Las partículas del aire se comprimen, al cubrir el orificio no tienen por donde salir”, “El aire está compuesto por partículas que al cerrar la jeringa se van juntando y estrechando y al soltar el émbolo vuelve a su estado natural porque no está ejerciendo fuerza”, “Como el aire tiene átomos, cuando entra en la jeringa los átomos son esparcidos, pero cuando subimos el émbolo, reúne a todos los átomos y los comprime entonces el aire ejerce una fuerza y como toda la materia ocupa un espacio el embolo no puede traspasar el espacio que ocupan los átomos del aire”, “Las partículas del aire se reúnen y ocupan un espacio, por eso el émbolo no sube del todo”*

Las explicaciones, entonces, dadas por los estudiantes al respecto, marcaron una gran diferencia con aquellas enunciadas anteriormente, pues en éstas se vio la intención de expresar el fenómeno atendiendo a la constitución misma de la materia, en términos

discontinuos, es decir, donde los elementos constitutivos (átomos – partículas) eran los responsables de que el émbolo no llegará hasta la punta de la jeringa, cuando eran sometidas a agentes externos como la presión.

Es importante resaltar que aunque se reconocieron a las partículas como los componentes esenciales de la materia, no se tuvieron en cuenta otros elementos del modelo de partículas trabajado en el ámbito escolar, como son la cinética intrínseca y el vacío molecular. Si bien expresaron que las partículas se compactaban por efecto de la presión, no indicaron el espacio molecular que había entre éstas, ni tampoco el grado de movimiento que pudieran tener las mismas en el momento mismo de ejercer la presión; pero si es importante decir que en sus respuestas reconocieron cómo las partículas ocupaban un espacio, y en menor grado la existencia de vacío, que hizo posible que las partículas comenzaran a reunirse. En general, los estudiantes hicieron mención al modelo de partículas para explicar el fenómeno pedido, pero solo en parte, pues las nociones de cinética y vacío no tuvieron una alta representatividad para este caso.

Cuando se les pidió a los estudiantes que realizaran representaciones gráficas sobre las descripciones macro y micro, un 55.5% de éstas apuntaban a las mismas ideas relacionadas con la presencia de partículas que al comprimirse, permitían que el émbolo llegara hasta cierta parte, es decir, hasta donde el espacio ocupado por las sustancias elementales lo permitiera.

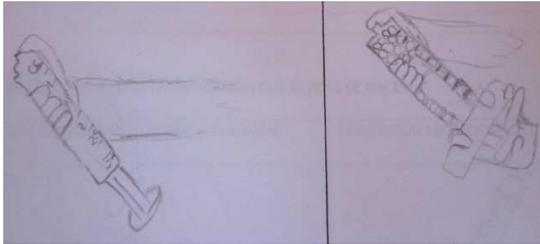


Fig. 24 Estudiante 2  
Comparación entre las ideas macro y micro

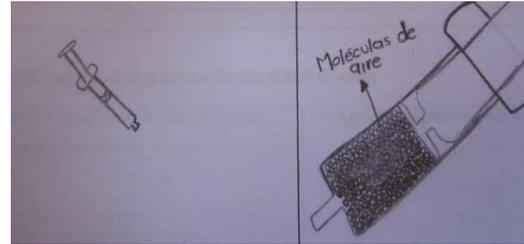


Fig. 25 Estudiante 18  
Comparación entre las ideas macro y micro

**Nótese que en ambas se representa a las partículas, indicando el por qué el émbolo llega hasta ese punto**

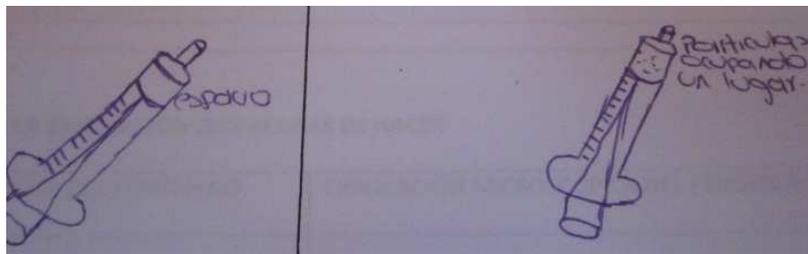


Fig. 26 Estudiante 13  
Comparación entre las ideas macro y micro

**En esta representación se ayuda de alguna señal escrita para indicar el por qué del fenómeno.**

Por otra parte, aquellos estudiantes que indicaron en sus explicaciones aspectos tendientes a aspectos macroscópicos (en lugar de los microscópicos que eran los pedidos), mantuvieron sus ideas en las representaciones, es decir, el 100% de ellos manifestaron lo mismo tanto en sus descripciones escritas como es sus representaciones gráficas.

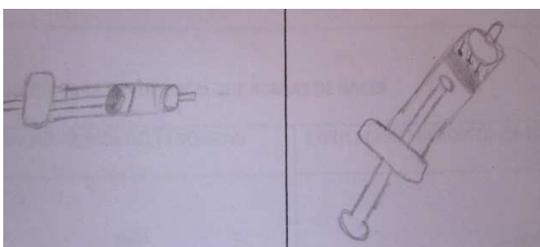


Fig. 27 Estudiante 5  
Comparación entre las ideas macro y micro

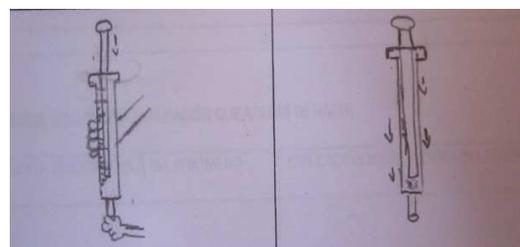


Fig. 28 Estudiante 9  
Comparación entre las ideas macro y micro

**Nótese que en ambas se representan hechos perceptibles, como lo es la presión ejercida por el émbolo**

Igual que en la situación anterior, se indagó a los estudiantes para que mostraran las diferencias que encontraban entre las explicaciones basadas en términos macroscópicos, y aquellas en las que se involucra términos microscópicos.

El 22.2% de los estudiantes dieron a entender que la diferencia entre ambas explicaciones era el hecho que en la visión macroscópica no se veían las partículas, por ello no se habla de ellas; mientras que en la microscópica, aunque tampoco se veían, se intuyó de su existencia. Estas son algunas de las respuestas que marcaron esta tendencia: *“Que en la macro no se ven las partículas cuando se comprimen”*, *“Macroscópicamente no se ven las partículas pero microscópicamente podemos imaginar lo que pasa con el aire”*, *“Que en la macroscópica las partículas del aire no se pueden observar”*, *“Lo macro puede verse y lo micro no se puede ver pero sabemos que existe”* Las respuestas que dieron, entonces, este grupo de estudiantes, mostraron que se hizo uso de los elementos constitutivos de la materia para marcar las diferencias, y da un intento por ir un poco más allá de la barrera de lo observable para explicar el fenómeno.

Otro grupo que representa el 44.4% de los estudiantes, planteó que la diferencia entre ambas explicaciones estaba dado porque en la visión macroscópica solo se preocupaba por describir lo que resultaba “aparente” a los sentidos, mientras que en la microscópica se debía hacer un esfuerzo explicativo para tratar de identificar qué era lo que en verdad sucedía, o simplemente, se indicó que son las partículas las responsables del fenómeno. Algunas respuestas que sustentan lo dicho son las siguientes: *“En lo macro se ve a simple vista el movimiento que realiza el émbolo y en lo micro se analiza el movimiento”*, *“Macro es lo que se observa en el instante y la micro es lo que usted piense de las partículas más*

pequeñas”, “ *Que la microscópica tiene que ver más allá de lo que usted puede ver e imaginarse, que es lo que no permite que suba el émbolo, y la macroscópica es describir lo que usted puede ver son sus ojos*”, “*Que en la microscópica están las partículas ocupando un lugar, en la macroscópica solo observamos un espacio en la parte superior de la jeringa, se puede sentir la presión*”, “*En ninguna de las dos se puede observar el aire pero en la macro pudimos observar que le fenómeno no permite el movimiento normal del émbolo sino que lo realiza con dificultad, lo micro es la explicación profunda de lo que ocurre en lo macro*”. Lo que marcaron las respuestas, es el uso explicativo que le dieron los estudiantes a las ideas de discontinuidad de la materia para explicar un fenómeno, en contraposición, a las descripciones superficiales que sobre el mismo se hacían, mostrando así una clara diferencia.

Por su parte, 27.7% de los estudiantes no marcaron diferencia alguna en las descripciones de orden macroscópico y microscópico, es decir, no se notó en éstas la diferencia explicativa que pudieran tener una y otra para explicar el fenómeno. Las siguientes respuestas apuntan a lo mencionado: “*Que en lo macroscópico es más fácil apreciar las cosas, que en la vista microscópica porque tenemos que verlo con un microscopio o lupa*”, “*La diferencia que encuentro es que en lo macro veo que el émbolo baja y sube y en lo micro no veo que es lo que permite que el émbolo vuelva a su posición inicial cuando lo suelto*”, “*llego a la misma conclusión*”. Entonces, las ideas que aquí se expresaron, estaban todavía basadas en lo que resulta aparente, lo que para ellos es la visión micro, no es más que la confirmación de sus ideas macroscópicas claramente definidas, que no apuntan a nociones de discontinuidad en la materia.

Por último, al comparar las explicaciones dadas sobre el fenómeno con otros compañeros, aquellos estudiantes que insinuaron ideas relacionadas con la discontinuidad, es decir, con la presencia de partículas que conformaban el aire y que hacían que el émbolo de una jeringa llegue hasta cierto punto cuando éste es sometido a presión, indicaban que estaban plenamente conformes con sus respuestas; por su parte, aquellos con ideas relacionadas a aspectos macroscópicos tampoco cambiaron de parecer, a excepción de un par de ellos que dieron explicaciones en términos continuos, y al final expresaron que aquellas relacionadas con la presencia de partículas tiene mucho más sentido.

En una última situación se les entregó a los estudiantes un lápiz y un trozo de lana, la idea era que ellos frotaran el lápiz en la superficie de la lana, y que a partir de allí, expresaran que había ocurrido en términos macroscópicos y microscópicos, como se había hecho con las dos situaciones anteriores; una vez hecha la experiencia, dieron una serie de explicaciones basadas en aspectos macroscópicos, los cuales se caracterizaron por lo siguiente:

El 100% de los estudiantes dieron a entender en sus explicaciones que al frotar el lápiz con la lana éste cambiaba la temperatura, se calentaba o simplemente se ponía caliente; algunas de las expresiones usadas por ellos para indicar éstas situaciones fueron las siguientes: *“La temperatura del lápiz aumentó”, “Cuando frotamos el lápiz con la chaqueta la temperatura de este aumentó”, “el lápiz lo frotamos, se calentó un poco por la razón que lo frotamos” “al frotar el lápiz contra la lana el lápiz se calienta”* Estas expresiones marcaron que la exigencia explicativa para los hechos macroscópicos estaban determinados

por aspectos sensoriales, que se ponían a prueba al estar frente al fenómeno estudiado. Si bien es cierto, las explicaciones mostraron lo que el estudiante pudo hacer evidente, también lo es que en éstas, se apreciaron algunas concepciones arraigadas como lo son el concepto de *calor y temperatura*, pues pareciera que ambos indicaran y representaran lo mismo (claro está que esto, podría ser motivo de otro estudio).

Una vez hecha la descripción macroscópica del fenómeno, se les pidió que indicaran cuáles eran las explicaciones en términos microscópicos para el mismo hecho, a lo cual respondieron de la siguiente manera:

Los estudiantes 3,6 y 8 que representan el 16.6% dieron a entender que el fenómeno explicado en términos microscópicos, estaba fundamentado en que los átomos y los elementos hicieron que el lápiz se calentara; las siguientes expresiones indican esto: “*Al frotar el lápiz el átomo se calienta, eso causa que el lápiz sea tibio*”, “*yo creo que al frotarlo los elementos se frotaron y se formó el calor del lápiz*”, “*nos imaginamos que los átomos hicieron que el lápiz se calentara*” Si bien es cierto, los estudiantes mencionaron la presencia de átomos y elementos, pareciera que la noción que tienen frente a estos es aún macroscópica, pues dieron a entender que son una parte del material, más no los componentes íntimos del mismo. El decir que el átomo se calienta, o que los elementos se frotaron, manifiestan una idea hacia la continuidad, muy lejana a las ideas discontinuas que gobiernan la naturaleza corpuscular de la materia.

Por otra parte, los estudiantes 9, 10 y 11 que representan también el 16.6% de la muestra dieron a entender que la explicación microscópica del fenómeno estaba determinada por la

acción de repulsión entre los protones y los electrones que se encuentran en la materia; las siguientes expresiones indicaron esto: *“Es por que los electrones y protones se repelen y producen calor y por eso aumenta la temperatura del lápiz”*, *“El lápiz se calienta porque los electrones y los protones se chocan o empiezan a reunir, entonces por ello se calienta el lápiz o empiezan a moverse tan rápido que se chocan y por esto surge esto”*, *“Que sus electrones y sus protones se reunieron y así se producía la temperatura alta”* Tales expresiones, dieron a entender que el incremento de la temperatura del lápiz es debido al choque entre las partículas fundamentales, protones y electrones, y en tal efecto de “colisión” se calentaban los materiales. Si bien es cierto, que el aumento de las colisiones de las partículas permite el aumento de la temperatura, para este caso no es correcto, pues no existen tales interacciones entre las micro partículas, y de ser así, no habría estabilidad a nivel atómico. Un hecho rescatable fue el intento de dar a entender la presencia de partículas en los materiales, pero es insuficiente la explicación que se da al respecto.

En última instancia, los estudiantes 2, 4, 5, 7, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 que representan el 61.1% de la muestra, dieron a entender que la explicación microscópica del fenómeno estaba determinada por la cinética o movimiento de las partículas del material al someterlo a fricción, y de esta manera, haciendo que se incremente la temperatura del objeto; tales expresiones dan a entender lo anterior: *“Las partículas del lápiz comenzaron a moverse rápidamente, por ello cambio de temperatura”*, *“los átomos del lápiz golpean entre sí para crear calor en el lápiz”* *“Al frotar el lápiz con la tela las partículas empiezan a esparcirse haciendo subir la temperatura”*, *“Suponemos que al momento de frotar el lápiz y la lana las partículas se mueven entre sí y logran calentar el lápiz”*, *“Al frotar el lápiz con la tela sus partículas pasan de tener un movimiento lento a uno acelerado provocando el*

*calentamiento del material*” En tales descripciones, los estudiantes además de hablar de partículas en términos discontinuos, es decir, como elementos estructurales de la materia, también emergió una idea que no se había visto en las anteriores situaciones -el movimiento intrínseco particular-. Si bien es cierto, la aparente “estática” que se aprecia en los materiales se encuentra gobernada por movimiento intrínseco en las partículas que no es aparente, hasta el momento el grupo de estudiantes no había tomado esta noción para sus explicaciones, tal vez, porque no lo consideraban conveniente o porque éste fenómeno requería de éste para validar una explicación más cercana al mundo microscópico. En últimas, las justificaciones hechas fueron desde el ámbito microscópico, apoyadas por ideas gobernantes de la naturaleza corpuscular de la materia. Una vez hechas las descripciones basadas desde la explicación macroscópica y microscópica, se les pidió a los estudiantes que dibujaran marcando estas mismas diferencias; en las representaciones gráficas se encontraron los siguientes resultados.

Del total de estudiantes que plantearon que el fenómeno se explicaba basado en las ideas de cinética molecular, éstos mismos tienen en sus representaciones indicios que marcan este hecho, en algunos casos, los gráficos enuncian con ayuda de texto la condición, y en otros, el esquema es en sí muy explicativo.

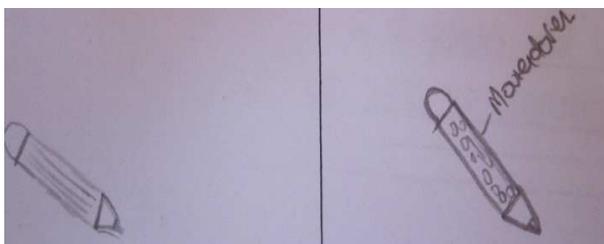


Fig. 29 Estudiante 4  
Comparación entre las ideas macro y micro

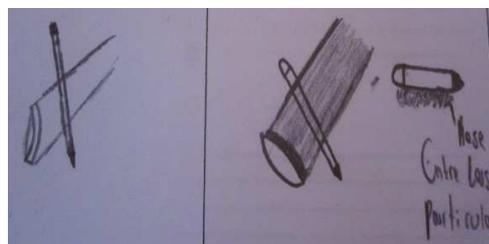


Fig. 30 Estudiante 17  
Comparación entre las ideas macro y micro

**Nótese que aunque las diferencias entre los aspectos macro y micro no son muy diferentes, si se da la explicación escrita de lo que ocurre a nivel micro.**

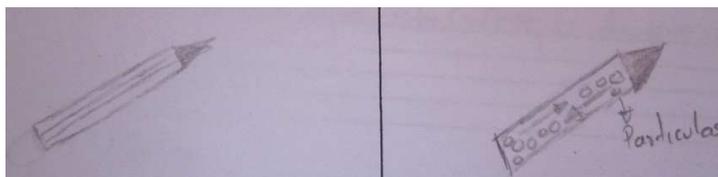


Fig. 31 Estudiante 5  
Comparación entre las ideas macro y micro

Nótese que el gráfico en sí, da a entender las ideas sobre discontinuidad y cinética

Por su parte, aquellos estudiantes que tienen ideas tendientes a la continuidad y a explicar el fenómeno micro en términos macro, muestran lo mismo en sus representaciones.

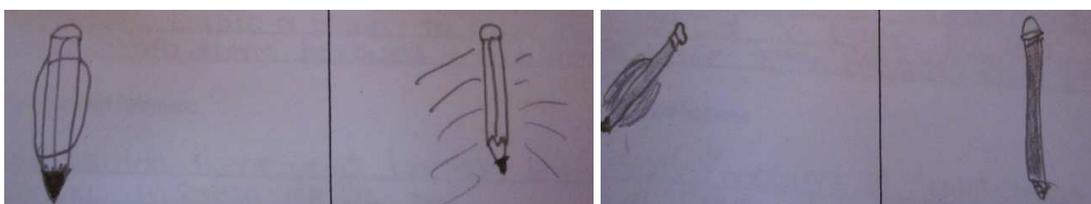


Fig. 32 Estudiante 9  
Comparación entre las ideas macro y micro

Fig. 33 Estudiante 11  
Comparación entre las ideas macro y micro

Al final, podría decirse que las representaciones hechas son fieles a lo enunciado por cada estudiante de forma escrita; las ideas tendientes a la discontinuidad y a la continuidad se mantuvieron en los estudiantes, los gráficos son un hecho comprobatorio de tal afirmación.

Cuando se les preguntó a los estudiantes por las diferencias que encuentran entre las explicaciones macroscópicas y microscópicas, para este caso, apuntaron a responder lo siguiente:

El 22,2% de los estudiantes no marcan diferencia alguna en las descripciones macro y micro, es decir, no se notó en éstas diferencia explicativa alguna; a manera de ejemplo las siguientes respuestas apuntan lo mencionado: *“Que el lápiz microscópicamente no se le ven átomos pero me parece que como los átomos se frotan entonces eso es lo que permite que*

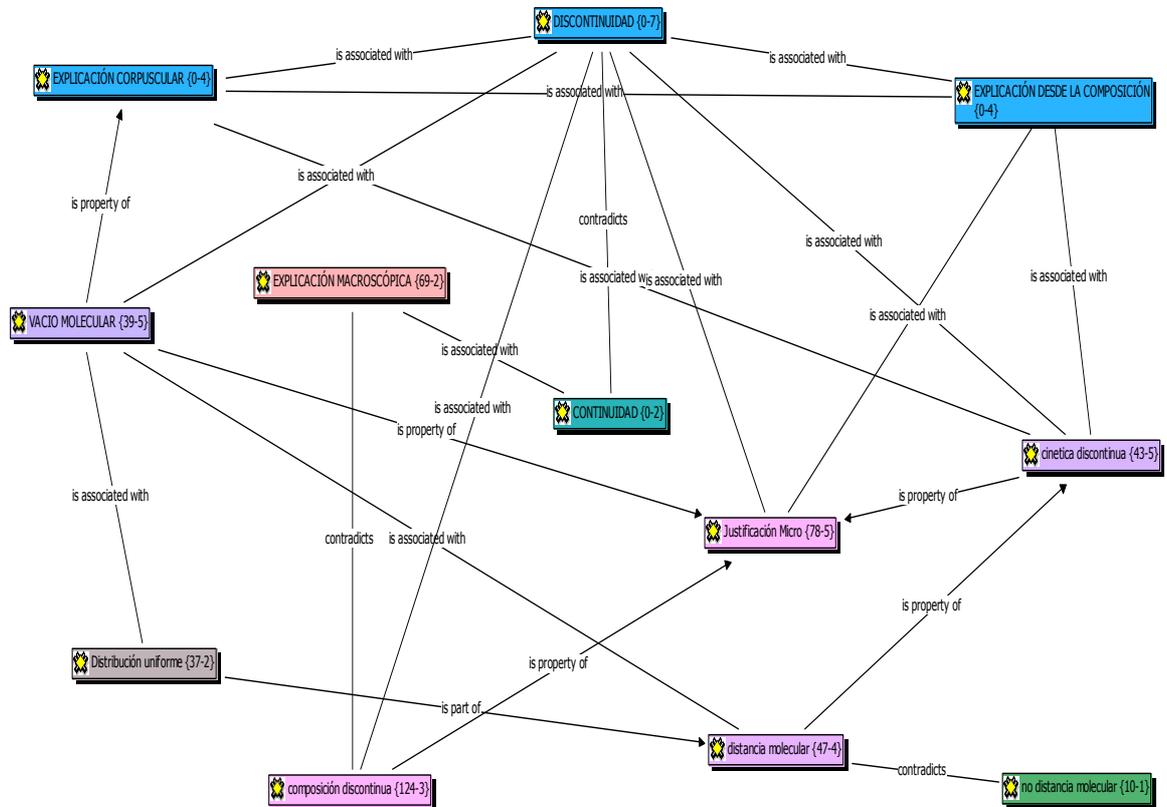
*se caliente, y en lo macroscópico se ve como un lápiz normal pero al frotarlo lo tocamos y se siente tibio*”, *“En la macro solo veíamos el lápiz frotarse y en la otra no veía lo que pasaba dentro del lápiz”* El indicar por ejemplo que los átomos se frotan, dieron a entender que éstos son tangibles y hacen parte del material en términos continuos. El decir igualmente que no pudo verse lo que ocurre a nivel micro, da cuenta de la explicación en términos continuos y macroscópicos.

Por su parte el 55.5% de los estudiantes, estaban de acuerdo en decir que las diferencias macroscópicas y microscópicas están dadas, en que, al explicar el fenómeno en términos macroscópicos solo se describe lo que aparentemente ocurre, mientras que en lo microscópico, hay que hacer un esfuerzo por tratar de entender lo que ocurre. Algunas expresiones que indican esto son las siguientes: *“En lo macro se puede ver que la textura es lo que se calienta, en lo micro el roce rápido hace que las partículas aumenten el movimiento”*, *“Que en la macro se sentía la temperatura y en la micro no se observan las partículas moviéndose pero sabemos que existen”* En últimas, las precisiones que hicieron los estudiantes al respecto, marcaron una tendencia hacia la aceptación de las partículas para explicar el fenómeno planteado, y hacer la diferencia de lo que ocurre a nivel micro con lo que ocurre a nivel macro.

Al final, todos aquellos estudiantes que plantearon la presencia de partículas y el movimiento intrínseco de las mismas para explicar el aumento de la temperatura del material, están completamente de acuerdo (100%) en pensar que sus respuestas son las más convenientes y las que mejor explicaban el fenómeno estudiado; por su parte, solo el 5,5% de los estudiantes que habían descrito las explicaciones en términos continuos, indicaron

que son imprecisas, y que comparando lo dicho con lo de los compañeros, ven en sus respuestas poca calidad explicativa.

## 7. Discusión Final



**Fig. 34 Red sistémica categorías y subcategorías del estudio**

La adquisición de conceptos median la resolución de problemas, se convierte en una estrategia que puede llevar a conseguir aprendizajes colaborativos en los estudiantes, donde se tengan en cuenta a los mismos como partícipes activos de la construcción de conocimientos y se interesen por hallar respuestas a fenómenos de su contexto, basándose en etapas de resolución que ponen a prueba, discuten y negocian.

La idea del trabajo sobre problemas relacionados con la *Naturaleza de la materia*, se dio debido a la incomprensión que existe por parte de los estudiantes de este concepto y a las recurrentes concepciones que se dan en las aulas cuando se trabaja en este ámbito de la enseñanza en ciencias; por ello, el propósito de usar estrategias constructivistas que

estuvieran alejadas de las tradicionales formas de actuar del docente, para caracterizar su impacto y evidenciar cómo se alcanzaban conceptos más elaborados y acordes al modelo de partículas enseñado en la escuela.

Teniendo en cuenta el análisis de la información mostrado anteriormente, se pueden resaltar una serie de ideas relacionadas sobre el concepto *Naturaleza de la Materia*, enmarcadas desde la lógica del estudio en una serie de subcategorías que dan lugar a categorías más generales y entre éstas a conclusiones categoriales que expresarían los resultados a los interrogantes centrales que guían esta investigación.

En primer lugar, pudo verse cómo los estudiantes en la etapa pre- instrucción e incluso en las primeras fases de instrucción, manifestaban una serie de ideas enmarcadas en aspectos netamente sensualistas que se caracterizaban por lo siguiente:

- **Descripción concreta del fenómeno**

En repetidas ocasiones se vio como los estudiantes al tratar de dar explicaciones en términos de la estructura de la materia, se remitían a descripciones de tipo concreto. Se notó en éstas explicaciones una dificultad marcada por “traspasar” la barrera de lo observable y poder de alguna manera dar explicaciones basadas en la composición íntima de la materia. En términos de Benarroch (2000), podría decirse que estos estudiantes se ubicaban en el I nivel explicativo, donde son marcadas la imagen continua y estática de la materia, además, las formas existentes jugaron un papel importante a la hora de dar explicaciones, Liu & Lesniak (2001).

Otros autores como (Espíndola & Campaninni, 2006; Garritz, et al 2005; Johnson, 1998; Renstrom et al, 1990) dan a entender unos dominios casi similares donde la noción de materia esta enmarcada en ideas relacionadas con la descripción macroscópica de los fenómenos y el dominio de la percepción (Realismo ingenuo) trabajada así por Pozo & Gómez Crespo (1998); además, la materia vista como una sustancia homogénea o simplemente donde se dice que nada de lo que puede estar hecho de partículas se menciona o se esquematiza.

- **La descripción a partir de las características del fenómeno**

Esta sub categoría mostró que los estudiantes aún presentaban una idea continua de la estructura de la materia, pero a diferencia del anterior tomaban las características del fenómeno, y a partir de ellas, daban sus explicaciones. Benarroch (2000), planteó estos mismos patrones en términos de un II nivel explicativo de la estructura de la materia. Al igual que en la anterior sub categoría, las explicaciones se regían mucho por el conocimiento cotidiano al atribuirle a las causas NO observables, propiedades similares a las que poseen el mundo observable. En los mismos términos, pueden verse otras investigaciones basadas en el mismo fenómeno, donde pudieron encontrarse una serie de inconsistencias alrededor del concepto; es así como Garritz, et al 2005; Gómez Crespo & Pozo (2004); Johnson (1998), (2000); Lee, Eichinger, Andersson, Berkheimer & Blacklee (1993); Renstrom, Andersson & Morton, (1990); en sus investigaciones dan a conocer una serie de ideas alejadas al modelo científico escolar, que se caracterizan básicamente por los atributos de continuidad a las partículas discontinuas, es decir, dándole sentido macroscópico a los entes particulados, donde las características externas de los materiales dan la imagen errada composicional de los mismos, y donde los estudiantes son incapaces

en la mayoría de las veces, pasar de la barrera de lo tangible. Lo mismo pudo verse en el desarrollo de esta investigación, y es recurrente el hecho, aún después de haber llevado al aula la propuesta didáctica de resolución de problemas en el ámbito del concepto; lo que lleva a pensar lo difícil que puede llegar a ser comprender un concepto de naturaleza abstracta, que esta vinculado a concepciones alternativas tan arraigadas, que aún después de la instrucción persisten.

- **Explicación macroscópica del fenómeno**

Podría decirse que este componente involucra los dos precedentes, pues mostró cómo los estudiantes al dar explicaciones del comportamiento de la materia a partir de representaciones, dieron una visión concreta que no sobrepasa lo observable y le daban atributos macromoleculares a la composición de la materia.

Estos tres dominios marcan ideas relacionadas con la continuidad de la materia y la imposibilidad de dar explicaciones en otros términos que no sean éstos. Estas generalidades al inicio del estudio y en las primeras etapas de la instrucción, muestran como el contexto ofrece en la experiencia solo ideas de este tipo, pues todo con lo que interactuamos en un escenario de la vida real ofrece una visión estática, continua y macroscópica de la materia. Algo similar muestran investigaciones, que dan a entender cómo aspectos inherentes al comportamiento íntimo de la materia son difíciles de entender y comprender (Griffiths & Preston,1992; Harrison & Treagust,1996; Johnson, 2000; Weller, 2008) especialmente en aquellos materiales que se muestran de apariencia consistente y rígida, lo que indica que un gran número de estudiantes ven y razonan el mundo natural con una visión simplista e

ingenua que considera que cualquier hecho “real” es la imagen directa que detectan nuestros sentidos (Johnstone, Sleet & Vianna, 1994; Pozo & Gómez Crespo, 1998)

Estas ideas que en la actividad inicial correspondían al 80% de recurrencia en las respuestas, solo llega a un 27.7% en las respuestas en la post-prueba, ratificando con ello el alcance explicativo que tuvieron los estudiantes, al igual del alcance conceptual que pudo desarrollarse con la aplicación de la estrategia metodológica en el aula.

En segundo lugar, pudo evidenciarse con la instrucción basada en la solución de problemas, como los estudiantes ofrecían unas explicaciones e ideas cercanas al modelo corpuscular de materia en el ámbito escolar, caracterizado por lo siguiente:

- **Explicación del fenómeno desde la composición**

Esta sub categoría mostró como los estudiantes utilizaban los términos partículas, átomos y moléculas para dar explicaciones acerca de la composición de la materia. Si bien es cierto se aproximan un poco más al modelo cinético molecular, se encuentran en un III nivel explicativo de la estructura de la materia en términos de Benarroch (2000). Igualmente otros autores como Espíndola & Campaninni (2006), Furiò, Azcona & Guisasola, 2000; Furiò-Más; Furiò-Gómez, 2009; Garritz, et al 2005; Johnson (1998) y Renstrom et al, (1990) que también han trabajado modelos conceptuales del sistema de partículas dan testimonio de ello.

En las justificaciones que dieron los estudiantes al comportamiento de la materia, se pudo ver que sobrepasan la barrera de lo observable y sus respuestas estaban en términos de la estructura y no de la apariencia. Para llegar a este tipo de explicaciones, tuvieron que elaborar un plan basado en los datos que se tenían y en la incógnita que se elaboró; la

intención del plan mediado por una serie de heurísticos generales era dar explicaciones con mayor contenido y peso en términos de la Naturaleza de la Materia. Pudo verse en el periodo de post-aplicación como los estudiantes en un porcentaje cercano al 66% se ubicaban en este dominio, es decir, explicaban fenómenos atendiendo a la naturaleza corpuscular de la materia e indicaban que ésta estaba formada por partículas que gobernaban el comportamiento de la misma.

Tal situación pudo hacerse manifiesta, pues en términos de Snir, et al (2003) se “preparo” el terreno para la construcción colectiva del concepto; fue importante que los estudiantes tuvieran acceso al desarrollo de un problema que se basaba en la composición interna, pues tal situación se aprovechó en primera instancia, para hacer que la propuesta didáctica fuera correspondiente al objetivo buscado y que los demás problemas a solucionar tuvieran una secuencia lógica dentro del ciclo de enseñanza - aprendizaje. Todo esto permitió que el entendimiento de situaciones desde la composición fuera más natural, y que además, se valiera de situaciones análogas a las que vivieron los hombres de ciencia para tal fin.

- **Explicación corpuscular del fenómeno**

Se vio en estos estudiantes como las representaciones graficas hechas tienen un marcado sentido de la presencia de partículas, aunque, las ideas de vacío y cinética no se hicieron presentes en las mismas. Es importante resaltar que aunque se logró en un alto porcentaje dar respuestas en torno a la presencia de partículas en la materia, no se logró que ideas tendientes al mismo modelo, como lo son el *vacío* y la *cinética molecular* se hicieran presentes en la explicación de otros fenómenos. En la etapa de post-prueba pudo hacerse evidente tan solo en un 27.7% la idea de vacío molecular en la explicación del fenómeno

del agua y la tinta; y en un 61.1% la idea de cinética molecular en la explicación del fenómeno del lápiz y la lana; tal vez, y como han documentado Gómez Crespo & Pozo, (2000) se deba a que históricamente estas ideas han sido uno de los aspectos más difíciles de aceptar en todas las edades y que difícilmente se logra aún después de la instrucción.

Pudo verse como en el trabajo de campo, los estudiantes aceptaron las ideas de vacío y cinética molecular cuando trabajaron los problemas llamados: “la bomba que se infla” y “la estructura misteriosa” pero no fueron tenidos en cuenta en su totalidad en la explicación de los fenómenos de la post-prueba, tan solo en el primero y el tercero, tal vez, y como también ha sido documentado se deba a que la teoría de partículas que el estudiante aprende solo sirva para algunos problemas y no para todos, o en todo caso, que sea más fácil tener en cuenta ideas del modelo de partículas para algunos fenómenos.

Pero es igualmente interesante indicar, que en el paso de una concepción continua a una discontinua, se pudo hacer evidente una redescipción de experiencias del mundo físico (Pozo & Gómez Crespo, 1998; citado por Giudice & Galagovsky, 2008) que se denotó principalmente en la etapa de la post-prueba, donde los estudiantes caían en cuenta del valor explicativo que presentaba el modelo microscópico sobre el macroscópico, lo que ratificó que lo importante no es cambiar las ideas que tienen los estudiantes sobre el concepto, sino más bien, trabajar sobre éstas para hacerles ver que existen mejores modelos explicativos.

- **Movimiento y Vacío en las partículas**

Corresponde al IV nivel explicativo en términos de Benarroch (2000), y en este se vio cómo los estudiantes sobrepasaban la barrera de lo observable y el sentido de la presencia de partículas en la materia. Para llegar a este tipo de representación, los estudiantes se valieron de problemas de resolución que sirvieran como análogo para entender la idea de vacío y la cinética molecular, que es tan abstracta y difícil de entender.

Frente a la idea de vacío, los estudiantes pudieron llegar a ella valiéndose, como se ha mencionado, de un problema análogo que sirviera para entenderlo. Si bien es cierto, pudieron llegar a entender este hecho, no replicaban esta nueva información en los fenómenos que fueron presentados en la post-prueba, tan solo en un 27.7% de uno de ellos; esto ratifica que la idea de vacío presenta dos cuestiones altamente complejas, la primera es el ser un componente difícil de asimilar y entender por su naturaleza abstracta, y el segundo es que cuando se logra reducir esta brecha conceptual, a los estudiantes se les dificulta tenerla en cuenta en los problemas relacionados con la materia.

Algo similar ocurre con la idea de cinética molecular, que es mucho más entendible en algunos casos, por ejemplo, en el aumento del volumen del globo que se infla que en la disolución de la tinta en el agua; esto marca de alguna manera lo difícil que resulta una vez adquirida la noción mediante la instrucción, poner en práctica los conceptos en otros problemas distintos.

En general, estos dominios marcan la tendencia de hablar en términos de entes particulados para atender a la explicación de fenómenos relacionados con la materia; tienen la característica de hacer uso de términos tales como: átomos, partículas o moléculas para

hablar de los elementos constituyentes de la materia y explicar desde allí los cambios que ocurren en ella.

Los elementos antes mencionados, se pudieron dar después de recibir la instrucción basada en resolución de problemas sencillos que tuvieran una base explicativa desde el modelo de la naturaleza corpuscular de la materia en el ámbito escolar, con ello, los estudiantes pudieron mejorar sus explicaciones y dar cuenta de conceptos más próximos al modelo de discontinuidad, además, pudieron integrar conceptos dentro de un modelo de construcción, lo que permitió una verdadera comprensión conceptual importante (Singer, Wu & Tal, 2003), pues las diferentes subcategorías del modelo fueron inducidas en cada uno de los problemas propuestos, así la construcción del concepto global fue un agregado producido en el aula, donde la preparación previa por parte del docente de las actividades secuenciales llevó a una interpretación concatenada de los fenómenos, favoreciendo con esto, el llegar a un modelo escolar en el ámbito de la *Naturaleza de la materia*, que como expresan Snir, et al (2003) puede repotenciarse, cuando se favorece la evaluación explicativa de los modelos macro y micro en fenómenos relacionados.

Ahora, frente al aprendizaje del concepto *Naturaleza de la materia*, es conveniente indicar que la idea de trabajar sobre problemas enmarcados en el tópico objeto de estudio, tenía la función de involucrar al estudiante en una actividad donde él fuera el responsable de su proceso, acompañado claro esta, por el docente. El asumir roles coherentes y de acuerdo a las posibilidades del alumno, facilita la resolución de problemas y se siente el compromiso por el tema (Torp, 1998).

Fue así como el docente, en el papel de tutor del proceso, dio plena libertad al estudiante para acceder al concepto sobre el cual se estaba trabajando; no se impuso tarea alguna, más bien, se asignaron problemas que debía resolver dándole plena autonomía para que llegará a solucionarlo, guiado claro esta, por la estrategia de resolución propuesta,

Frente a este trabajo, que tenía un plan metodológico colectivo, se usó una serie de problemas (como se indicó anteriormente) como punto de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos articulados a un solo concepto; fue así como mediante experiencias secuenciales y sencillas, se avanzó hacia la consolidación de una idea explicativa basada en la *naturaleza de la materia*. Se mostró como las actividades secuenciales lograban integrar y hacer más “robusto” el concepto que se logró construir colectivamente, partiendo de la preparación del “terreno” para que fuese conseguido.

El pretexto de preparar el terreno, tuvo como finalidad, que los estudiantes tuvieran una aproximación somera al trabajo de los científicos verdaderos, y cómo ellos dan respuesta a los interrogantes que les son planteados al asumir sus investigaciones como verdaderas “cajas negras”; por ello, la analogía presentada y puesta en marcha permitió que entendieran relacionar su trabajo con el hecho por los primeros hombres de ciencia y comprender de alguna manera que todo lo que nos rodea se asemeja con una “caja negra” y que la manera como se presente internamente algún fenómeno, sea inferido por las salidas o datos que otorga su comportamiento externo.

Esa construcción colectiva que se menciona, mostró ideas tendientes a la discontinuidad de la materia en términos bien definidos como fueron la idea de partículas como componentes

de la estructura de la materia, la cinética intrínseca de las partículas y la presencia de espacios vacíos en las mismas.

Algo importante de resaltar, frente al aprendizaje del concepto, es la manera como se articuló la idea de solución de problemas al entendimiento mismo de lo que es un problema, basándose en las experiencias y trabajos propuestos desde la enseñanza de las ciencias por (García, 1998; Garret, 1998; Gil, Martínez-Torregosa; Ramírez, Dumas-Carré, Gofard, Pessoa de Carvalho, 1992; Perales, 1998; Sigüenza & Sáez, 1990) en éstos, un problema, es más una apuesta a tratar de descifrar algo y llegar a una conclusión parcial, que una tarea propuesta en la cual solo hay una respuesta posible. Sobre fundamentos algo similares, se funda la metodología llamada ABP, en la que Barrows, (1986) mostró y comprobó la efectividad relativamente considerable y la asertividad del modelo en el aprendizaje en ciencias de la salud, y que ha sido transpuesto a muchas disciplinas, entre ellas, los contextos escolares.

Y para resolver tales problemas, las ideas generadas jugaron un papel importante en la resolución de los mismos, pues como plantea García, (2002) una buena idea es consecuencia de lo que llamamos creatividad, y para ser creativos, no basta con saber un algoritmo determinado, sino más bien, hacer que ese algoritmo sea el resultado de un plan de resolución frente a un problema cualquiera.

Para el caso de esta investigación, la construcción de tales ideas, fueron elaboradas a partir de heurísticos inducidos en la práctica para que los estudiantes fueran evidenciando los avances presentados, cada heurístico los guío y orientó para el alcance de los objetivos, teniendo claro la comprensión del problema, la elaboración de un plan de solución, su

ejecución y evaluación. Estos términos, acuñados según los estudios de Polya, (1961) y retomados por García, (2002) & Perales, (1998) fueron utilizados para que los estudiantes construyeran y refinaran sus ideas para dar explicación a las situaciones planteadas.

Como punto superlativo, es importante resaltar la manera como fueron construidos los problemas, pues ellos atendieron a situaciones verdaderas presentadas por los hombres de ciencia, que de manera análoga fueron inmersos en el aula de clase. Atendiendo a las posturas de Camacho & Quintanilla, (2008) y García, (1997) el éxito de una estrategia basada en resolución, será efectiva si en su construcción, se tienen elementos similares a los contextos científicos donde fueron posibles los desarrollos conceptuales; que para este estudio, fueron seleccionados acorde a estas características, claro esta, que en su selección se tuvo en cuenta que no fuesen tareas que llegaran a ser frustrantes o muy complicadas, pues esto podría haber llevado al desinterés y la apatía por parte de los estudiantes.

Frente a las características mostradas en el aprendizaje del concepto, logradas a partir de la solución de problemas en el aula, se pueden mencionar las siguientes:

- El aprendizaje partió de un interés común por la resolución de un problema en el marco de la *naturaleza de la materia*, que fuera sencillo a la vez de motivante; esta motivación venía medida en el hecho que al ser situaciones tan corrientes, los estudiantes creían saber las respuestas por anticipado, pero en el hallazgo de las mismas, se daban cuenta que debían ir “más allá” y plantear una buena estrategia
- Para llegar al aprendizaje del concepto, recurrieron a diferentes fuentes las cuales sirvieron como insumo en la solución de los problemas trabajados. Los elementos

primarios con los que contaban los estudiantes eran sus ideas iniciales o intuitivas, que se constituían a la vez en los primeros obstáculos para alcanzar los conceptos cercanos al modelo conceptual que se perseguía.

- El hecho de trabajar mancomunadamente por el alcance a la respuesta de un problema, llegó a aproximar a los estudiantes al quehacer científico escolar; donde los inconvenientes, la falta de comunicación, las ideas equivocadas y las discusiones sirvieron como insumo para refinar aún más las ideas y convertirlas en conceptos que explicaran una situación en particular, en este caso, en el ámbito de la *naturaleza de la materia*. Igualmente, resaltar que el aprendizaje y el conocimiento generado fue compartido, distribuido y co-construido.
- El modelo explicativo que surgió al final, fue entonces, un producto elaborado y no entregado por el docente, donde los estudiantes fueron enfrentados a una serie de situaciones y a partir de la solución de las mismos, lograron obtener respuestas cercanas al modelo explicativo de la *naturaleza de la materia* en el ámbito escolar.
- Además, los problemas se convirtieron en el aglutinante para alcanzar dimensiones básicas como la adquisición de conceptos que pudieran llevar a explicar situaciones cotidianas basadas en el campo de la *naturaleza de la materia*, y también las actitudes dentro de un grupo, al desarrollar capacidades para la autogestión del conocimiento y el desarrollo de habilidades auto dirigidas.

Algo interesante que se observó, especialmente en la post-prueba, fue el hecho que los estudiantes pudieron a partir de los problemas resueltos, dar explicaciones a una serie de

fenómenos teniendo en cuenta las diferencias explicativas entre las interpretaciones del orden macroscópico y microscópico. El entender este hecho, indica que los estudiantes tenían claro que los dos niveles interpretativos obedecen a modelos explicativos bien diferentes; uno de ellos basado simplemente en las apreciaciones que se tienen sobre un fenómeno haciendo uso simplemente de los datos que proporcionan nuestros sentidos, y el otro más cercano al modelo de partículas trabajado en el escuela, donde las explicaciones están dadas en términos del comportamiento de las partículas. Esto muestra como la contrastación y diferenciación de ambos modelos explicativos dan a entender que las ideas en torno a la discontinuidad de la materia se entienden de mejor forma, y que a pesar de la no percepción de las partículas como componentes de la materia, dan cuenta de su existencia.

## 8. Conclusiones

- Se logró tener conceptualizaciones más cercanas sobre la Naturaleza de la materia en el ámbito escolar, fue así como al inicio del trabajo las concepciones alternativas relacionadas al concepto eran mayores al 80% y al final estuvieron cercanas al 27%.
- Los estudiantes al final de la propuesta llegaron a dar respuesta a situaciones cotidianas basándose en conceptualizaciones cercanas a la discontinuidad de la materia, tales como: Explicación desde la composición (66,5%) y no de la apariencia, la cinética (61.1%) y vacío en las partículas (27,2%)
- Se hizo evidente que concepciones tales como el vacío molecular, son difíciles que los estudiantes lo utilicen de manera espontánea, aún después de haberse estudiado y comprendido.
- Este concepto se considera un agregado educativo, por ello la necesidad de trabajarse en el aula con el uso de estrategias y metodologías de participación para que las conceptualizaciones lleguen a ser un constructo entre pares y no una entrega acabada por parte del docente.

## 9. Recomendaciones

- Las metodologías constructivistas donde se involucran procesos de construcción de conceptos deben ser la generalidad y no excepción, pues en la medida en que las condiciones en el aula sean más favorables para aquellos que aprenden (los estudiantes) se verán avances significativos en ellos.
- Las relaciones al interior del sistema educativo deben ser más dinámicas y orientadas en un mayor porcentaje a los estudiantes; los conceptos por su parte, deben ser construidos y no entregados como productos finales por el docente, y esto puede alcanzarse en la medida que la lógica al interior de la triada DOCENTE – ESTUDIANTE – SABER no se vea circunscrita meramente a esta última.
- El hecho de entender conceptos abstractos como el trabajado en este proyecto, pueden lograrse si en el aula donde son enseñados, existen estrategias metodológicas que lleven a comprensiones de los mismos; pues en la mayoría de los casos resultan ser complicados de entender, debido a que son ajenos a los sentidos, y es ahí donde los estudiantes entran en confusión.
- Atendiendo a lo desarrollado en este trabajo, es necesario que para la enseñanza de la química se ocupe en primera medida del desarrollo conceptual de la *Naturaleza de la Materia*, y no dejarlo como un hecho obvio, o que se entiende por el simple hecho de enunciarlo en el aula de clases. Esto a raíz del alcance explicativo que tiene el mismo para el entendimiento de otros hechos y conceptos en el ámbito de la química.
- Los conceptos al ser desarrollados a través del tiempo, no son tan simples que se alcancen en una o dos clases; se hace necesario que se involucre a los estudiantes en

una serie de situaciones secuenciales diseñadas para el aprendizaje, y de esta manera, poner a consideración resultados anteriores para hacer del conocimiento una constante deconstrucción, construcción, co-construcción.

- Los docentes como facilitadores del conocimiento deben estar dispuestos al cambio, afrontando la enseñanza con otros criterios diferentes a los transmisionistas, y entender que *enseñar* no es fácil, y el solo hecho de entregar conceptos no es suficiente para que los estudiantes aprendan; se requiere entonces, entender el acto educativo como una construcción colectiva valiéndose de los insumos que traen los estudiantes al aula (preconceptos) para trabajarlos, modificarlos y llegar a superar esas barreras conceptuales que dificultan el aprendizaje en diferentes ámbitos, y más en la enseñanza de la química, donde se trabajan conceptos abstractos.

## 10. Bibliografía

- Alzate, M.V. (2007). *Composición /estructura en química: tendencias cognitivas, etapas y ayudas cognitivas. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos. Disponible en: [http://dspace.ubu.es:8080/tesis/bitstream/10259/75/1/Alzate\\_Cano.pdf](http://dspace.ubu.es:8080/tesis/bitstream/10259/75/1/Alzate_Cano.pdf)*
- Ausbel, N. (1998). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México: Editorial Trillas.*
- Barrows, H.S. (1986) *A Taxonomy of problembased learning methods, Medical Education, 20: 481-486.*
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1986). *Is an atom of copper malleable? Journal of Chemical Education. 63, (1), pp. 64–66.*
- Benarroch, B.A. (2000). *El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. Enseñanza de las Ciencias. 18, (2), pp. 235-246.*
- Benarroch, B.A. (2001). *Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. Enseñanza de las Ciencias. 19, (1), pp. 123-134.*
- Benlloch, M. (1997) *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias. Madrid: Visor.*
- Camacho, G.J.; & Quintanilla, G.M. (2008). *Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: Retos desafíos para promover competencias cognitivo-lingüísticas en la Química escolar. Ciencia & Educação. 14, (2), pp. 197-212.*

- Campanario, J.M.; & Moya, A. (1999). *¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. Enseñanza de las Ciencias. 17, (2), pp. 179-192.*
- Campo, J.; Cano, J.; Herrera, D.; Bascones, J.; de Nova, J.; Gasco, C.; Bascones, A. (2009). *Aplicación de un sistema mixto de enseñanza tradicional / ABP en la asignatura de urgencias en odontología. Revista Complutense de Educación. 20, (1), pp. 135-150.*
- Cisterna, C. F. (2005). *Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. Theoria. 14, (1), pp. 61-71.*
- Coronel, M.; & Curotto, M. (2008). *La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. 7, (2), pp. 463-479.*
- Couló, A. y Adúriz-Bravo, A. (2010). "La idea más minúscula": *Unidad didáctica para aprender sobre modelos en torno a la estructura atómica de la materia, en Angulo Delgado, F. y Quintanilla, M. (comps.). Unidades didácticas en ciencias naturales y educación ambiental: Su contribución a la promoción de competencias de pensamiento científico: Volumen II, pp. 159-186. Medellín: Universidad de Antioquia. (ISBN: 978-958-714-357-7.)*
- Cuellar, Z. (2009). *Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre Naturaleza de la Materia. Revista Iberoamericana de Educación. 50, (2), pp. 3-11.*
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado, (1ª ed.). Capital Federal B.A: Aique Grupo Editor S.A.*
- Chin, C.; & Chia, Li-Gek. (2006). *Problem Based Learning: Using ill structured problems in Biology project work. Science Education. 90, pp. 44-67.*

- De Vos, W., & Verdonk, A. H. (1996). *The particulate nature of matter in science education and in science. Journal of Research in Science Education.* 33, (6), pp. 657–664.
- Domínguez, J.M., de Pro, A.; y García-Rodeja, E. (1998). *Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal. Enseñanza de las Ciencias.* 16, (3), pp. 461-475
- Duschl, R. (1995). *Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. Enseñanza de las ciencias,* 13, (1), pp. 3-14.
- Espíndola, C.; & Cappannini, O. (2006). *¿Cómo usan los alumnos de EGB los modelos de estado de agregación de la materia en la interpretación de un fenómeno de mezcla? Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias,* 5, (3), pp. 416-429.
- Furiò, C.; & Furiò, C. (2000). *Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. Educación Química.* 11, (3), pp. 300-308.
- Furiò, C; Furiò, G (2009). *¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista? Educación Química,* pp. 246-251.
- Furiò, C; Azcona, R; Guisasola, J (2000). *Difficulties in teaching the concepts of amount of substance and mole. Journal of Science Education.* 22, (12), pp. 1285-1304
- Gabel, D.L; Samuel, K.V.; & Hunn, D. (1987) *Understanding the particulate nature of matter. Journal of Chemical Education.* 64, pp. 695 – 697.
- Garritz, A; Gallegos, L; Flores, F. (2005). *La multiplicidad de representaciones acerca de la estructura de la materia. Enseñanza de las Ciencias. Número Extra,* pp. 1-5.
- García, J.J. (1998). *La creatividad y la resolución de problemas como bases de un modelo didáctico alternativo. Educación y Pedagogía.* 10, (21), pp. 145-174.

- *García, J.J. (2000). La resolución de situaciones problemáticas: Una estrategia didáctica para la enseñanza de la Química. Enseñanza de las Ciencias. 18, (1), pp. 113-129.*
- *Garret, R.M. (1988). Resolución de problemas y creatividad. Implicaciones para el currículo de ciencias. Enseñanza de las Ciencias. 6, (3), pp. 224-230.*
- *Gascón, P. J. (1985). El aprendizaje de la resolución de problemas de planteo algebraico. Enseñanza de las Ciencias, pp.18-27.*
- *Gil, D. J.; Martínez-Torregosa, J.; Ramírez, L; Dumas-Carré, A.; Gofard, M.; Pessoa de Carvalho, A. (1992). La didáctica de la resolución de problemas en cuestión: elaboración de un modelo alternativo. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. 6, pp. 73-85.*
- *Giudice, J.; & Galagovsky, L. (2008). Modelar la naturaleza discontinua de la materia: Una propuesta para la escuela media. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. 7, (3), pp. 629-657.*
- *Gimenez, M.C.; Benitez, M.E.; Osicka, R.M. (2002). Los proyectos de investigación en el aula, un nuevo enfoque en la enseñanza de la química. Disponible en: <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2001/9-Educacion/D-003.pdf>*
- *González, Eduardo M. (1992) ¿Qué hay que renovar en los trabajos práctico? Rev. Enseñanza de las Ciencias, 10, (2), pp. 206-211.*
- *Gómez Crespo, M. A., & Pozo, J. I. (2000). La comprensión de la estructura de la materia: discontinuidad y vacío. Tarbiya, 26, 117–139.*

- Gómez Crespo, M.A; Pozo, J.I.; & Gutiérrez, M.S. (2004). *Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la naturaleza y nuestros sentidos. Educación Química. 15, (3), pp. 198-209.*
- Griffiths, A. K. & Preston, K.R. (1992). *Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. Journal of Research in Science Teaching. 29, pp. 611-628.*
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). *Secondary students "mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. Science Education, 80, pp. 509-534.*
- Hmelo-Silver, C; Barrows, H. (2008). *Facilitating Collaborative Knowledge Building. Cognition and Instruction. 26, pp. 48-94.*
- Husserl. E. (1929). *Investigaciones lógicas. Tomo 2.*
- Izquierdo, A.M. (2005). *Hacia una teoría de los contenidos escolares. Enseñanza de las Ciencias. 23, (1), pp. 111-122.*
- Izquierdo, M; Adúriz – Bravo, A. (2009). *Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Un ejemplo de química. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra. VIII Congreso.*
- Jimenez Gomez, E. J., Benarroch, A., & Marin, N. (2006). *Evaluation of the degree of coherence found in students "conceptions concerning the particulate nature of matter. Journal of Research in Science Teaching. 43, (6), pp. 577-598.*

- Johnson, P. J. (1998). *Progression in children's understanding of a "basic" particle theory: A longitudinal stud . International Journal of Science Education*, 20 (4), pp. 393 – 412
- Johnson, P. J. (2000). *Children's understanding of substances, part 1: Recognizing chemical change. International Journal of Science Education*. 22, pp. 719-737.
- Johnstone, A.H., Sleet, R.J. & Vianna, J.F. (1994). *An information processing model of learning: its application to an undergraduate laboratory course in Chemistry. Studies in Higher Education*. 19, pp. 77-87.
- Kauderer, M. (1999). *De la química que enseñamos a la que queremos enseñar, en Kaufman, M.; Fumagalli, L. (Comp). (1999). Enseñar ciencias naturales. Reflexiones y propuestas didácticas. Buenos Aires: Paidós Educador.*
- Krnel, D., Watson, R., & Glazar, S. A. (1998). *Survey of research related to the development of the concept of "matter". International Journal of Science Education*. 20, (3), pp. 257-289.
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., & Blakeslee, T. D. (1993). *Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. Journal of Research in Science Teaching*, 30, (3), pp. 249–270.
- Liu, X. & Lesniak, K.M. (2005). *Student's progression of understanding the matter concept from elementary to high school. Science Education*. 89, (3), pp. 433-450.
- López. B; & Costa. N. (1996). *Modelo de enseñanza centrado en la resolución de problemas: Fundamentación – presentación e implicaciones. Enseñanza de las Ciencias*. 14, (1), pp. 45-61.

- *Lorenzo, M. (2005). The development, implementation and evaluation of problem solving heuristic (PSH). International Journal of Science and Mathematics Education. 3, (1), pp. 33-58.*
- *Margel, H., Eylon, B.S., & Scherz, Z. (2001). A longitudinal study of junior high school students' perceptions of the particulate nature of matter. Journal of Research in Science Teaching. 45, (1), pp.132–152.*
- *Merriam, S. (1988). Case study research in education. A qualitative approach. Jossey-Bass. San Francisco.*
- *Morales, B.P; Landa, F.V. (2004), Aprendizaje basado en problemas. Theoria. 13, pp. 147-157.*
- *Perales, P. F. (1998). La resolución de problemas en la didáctica de las ciencias experimentales. Revista de Educación y Pedagogía. 10, (21), pp. 119-143.*
- *Polya, G. (1965): How to solve it. Princenton University Press (Traducción: Cómo plantear y resolver problemas, de Julián Zugazagoitia Ed. Trillas. México)*
- *Pomés, R. J. (1991). La metodología de resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: Un punto de vista post – Piagetiano. Enseñanza de las Ciencias. 9, (1), pp. 78-82.*
- *Posada, A.R. (2004). La formación superior basada en competencias, interdisciplinarietà y trabajo autónomo del estudiante" . En: España Revista Iberoamericana De Educación ISSN: 1681-5653 ed: Organización De Estados Iberoamericanos.*

- *Pozo, J. I.; Gómez, Crespo M. (1998). Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico, (1ª ed.). Madrid: Ediciones Morata.*
- *Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A. & Sanz, A. (1999). When conceptual change does not mean replacement: Different representations for different contexts. New Perspectives of Conceptual Change. pp. 3-13*
- *Pozo, J.I. & Gómez, M.A. (2005). The Embodied Nature of Implicit Theories: The Consistency of Ideas About the Nature of Matter. Cognition and Instruction. 23, (3), pp. 351-387.*
- *Renström, L., Andersson, B., & Marton, F. (1990). Students' conceptions of matter. Journal of Educational Psychology. 82, (3), pp. 555–569.*
- *Restrepo, G; B: Una variante pedagógica de investigación-acción educativa. OEI-Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653)*
- *Salas, Z; W.A. (2005). "Formación por competencias en educación superior. Una aproximación conceptual a propósito del caso colombiano". En: España Revista Iberoamericana De Educacion ISSN: 1681-5653 ed: Organizacion De Estados Iberoamericanos Oei. 36, (9), pp. 1-11.*
- *Schmidt H.G. (1993) Foundations of problem-based learning: Some explanatory notes. Medical Education. 27, pp. 422-432.*
- *Sendag, S; & Odabasi, F. (2009). Effects of an online PBL course content knowledge acquisition and critical thinking skills. Computers and Education. 53, pp. 132-141.*

- *Singer, J.E.; Wu, H-K. & Tal, R. (2003). Student's understanding of the particulate nature of matter. School Science and Mathematics. 103, (1), pp. 28-44.*
- *Sigüenza, A.F; & Sáez, M.J. (1990). Análisis de resolución de problemas como estrategia de enseñanza en la biología. Enseñanza de las Ciencias. 8, (3), pp. 223-230.*
- *Snir, J.; Smith, C. L. & Raz, G. (2003). Linking phenomena with competing underlying models: A software tool for introducing students to the particulate model of matter. Science Education. 87, (6), pp. 794-830.*
- *Sofie, M.M; Joshua, M; Remy M.J.P (2008). Self directed learning in problema based learning and its relationship with self regulated learning. Edu Physcol. 20, pp. 411-427.*
- *Sonmez, D., & Lee, H. (2003). Problem-Based Learning in Science. ERIC Clearing house for Science, Mathematics, and Environmental Education, Columbus, OH.*
- *Talanquer, V. (2006). Commonsense Chemistry: A Model for Understanding Students' Alternative Conceptions. Journal of Chemical Education. 85 (5), pp. 811-816.*
- *Tamayo, O. E. (2002). Caracterización general de la didáctica de las ciencias. Modulo de Epistemología de las Ciencias. Universidad Autónoma de Manizales. Manizales*
- *Tarazona, J.L. (2005). Reflexiones acerca del ABP. Una alternativa en la educación médica. Rev. Col. De Obstetricia y ginecología, 56, (2), pp. 147-154.*
- *Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L., Crowley, J., Yung, B. H. W., Cheong, I. P.-A., & Othman, J. (2010). Evaluating students' understanding of kinetic particle*

*theory concepts relating to the states of matter, changes of state and diffusion: A cross-national study. International Journal of Science and Mathematics Education. 8, pp. 141-164.*

- *Torp, L.S. (1998). El aprendizaje basado en problemas. Desde el jardín de infantes hasta el final de la escuela secundaria Buenos Aires. Amorrortu Editores.*
- *Viloro, L. (1999). El conocimiento. Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía, 20. Madrid: Editorial Trotta, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.*
- *Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. Learning and Instruction. 4, pp. 45–69.*
- *Weller, J.K. (2008). Undergraduate Students' beliefs about the Nature of Matter. Master of Science. Purdue University. West Lafayette, Indiana. Disponible en: <http://docs.lib.purdue.edu/dissertations/AAI1469791/>*
- *Wu, H-K. (2003) Linking the macroscopic views of chemistry to real- life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom . Science Education. 87, (6), pp. 868-891.*

## 11. Anexos

### INSTRUMENTO 1

Universidad Autónoma de Manizales  
Maestría en Enseñanza de las Ciencias III Cohorte  
Proyecto de Investigación:

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO NATURALEZA DE LA MATERIA  
MEDIANTE EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP).**

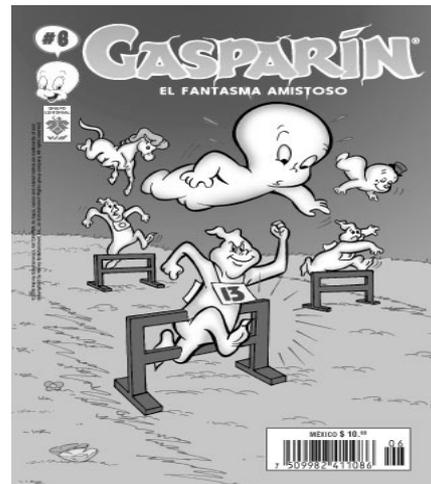
Estimado estudiante:

El siguiente instrumento hace parte de una investigación en el marco de la **Maestría en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Manizales**, es una herramienta de gran ayuda que servirá para recolectar datos importantes; así que es necesario que lo respondas con responsabilidad, pues de esto depende que el trabajo generado a partir de éste sea valioso.

#### ¡UN FANTASMA AMIGABLE!

Quién no se ha asustado al escuchar la palabra ¡Fantasma!, muchos sin lugar a dudas, pero todo caso tiene su excepción y Gasparín es uno de ellos. Aunque es una presencia fantasmal, tiene encanto y un gran carisma para hacerse querer por los niños. ¡Pero cuidado!, no hay que confiarse de su figura amable y bondadosa.

A continuación observarás un video sobre este personaje, y a partir de éste, responde las siguientes preguntas.



1. Como podrás haber visto, Gasparín tiene la capacidad de pasar a través de las paredes sin ninguna dificultad, ¿qué características tiene Gasparín para hacer esto? Justifica tu respuesta.

---

---

---

---

2. Si lanzaras agua sobre Gasparín, ¿qué le sucedería? Justifica tu respuesta.

---

---

---

---

3. Elabora un dibujo en donde muestres qué sucede al arrojarle agua a Gasparín y qué sucede si te la arrojan a ti.

DIBUJO DE AGUA SOBRE GASPARÍN	DIBUJO DE AGUA SOBRE TU CUERPO

4. Tu cuerpo puede pasar a través de un cuarto lleno de gas, igualmente, puede pasar a través del agua cuando llegas al fondo de una piscina, pero NO eres capaz de hacerlo a través de una pared. ¿Por qué razón no lo puedes hacer? Justifica tu respuesta.

---

---

---

---

5. Elabora un dibujo que represente en cada caso las tres situaciones anteriores

Paso a través de un medio lleno de gas	Paso a través del agua	Paso a través de la pared

6. ¿De qué crees que está hecho Gasparín? Justifica tu respuesta.

---

---

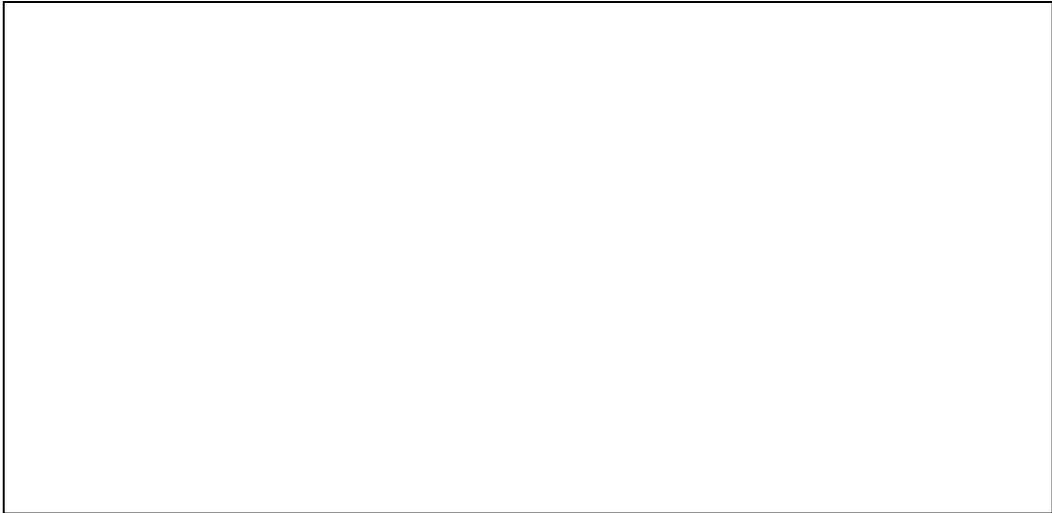
---

---

7. Si estuvieras por un momento en el lugar de Gasparín, y te preguntaran, ¿qué observarías al atravesar las paredes?

Elabora un dibujo mostrando lo que observarías al atravesar las paredes.





8. Si pusiste atención a la caricatura, observaste que Gasparín al ser congelado y al deslizarse sobre una superficie a gran velocidad por efecto de la fricción, se descongeló. Explica mediante un dibujo cómo es el hielo por dentro antes del derretimiento y cómo es el agua por dentro después del derretimiento del hielo. Elabóralo en el cuadro de la siguiente página.

DIBUJO DE CÓMO TE IMAGINAS SE VE POR DENTRO EL HIELO ANTES DEL DERRETIMIENTO.	DIBUJO DE CÓMO TE IMAGINAS SE VE POR DENTRO EL AGUA DESPUÉS DEL DERRETIMIENTO DEL HIELO.

9. Si tuvieras una lupa de gran poder, con capacidad de aumentar lo que ves; y te preguntarán, cómo es la apariencia interna de la gaseosa, el gas y el cubo. ¿Qué observarías? Elabora un dibujo en cada caso



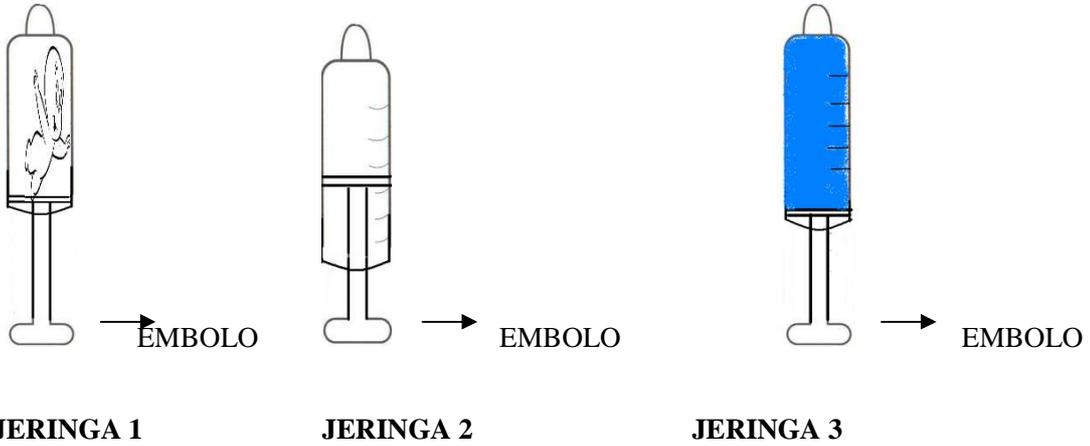
GASEOSA

GAS

CUBO

APARIENCIA INTERNA DE LA GASEOSA	APARIENCIA INTERNA DEL GAS	APARIENCIA INTERNA DEL CUBO

10. Observa las siguientes imágenes



Tienes 3 jeringas; la primera contiene a Gasparín dentro de ella, la segunda contiene aire y la tercera contiene un líquido; cuando pones el dedo en la punta (sin tener puesta la aguja) y empujas el embolo en la jeringa 2, que contiene aire, éste llega hasta la mitad, pero, en la jeringa 3, que contiene agua, el embolo no avanza ni siquiera un poco.

¿Por qué entonces el aire si puede comprimirse, mientras que el líquido no? Justifica tu respuesta

---

---

---

---

**MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.**

## INSTRUMENTO 2

**Universidad Autónoma de Manizales**  
**Maestría en Enseñanza de las Ciencias III Cohorte**  
**Proyecto de Investigación:**  
**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO NATURALEZA DE LA MATERIA**  
**MEDIANTE EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP).**

**Colegio: NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**  
**GRADO 8°**

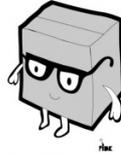
### Actividad # 1: LA CAJA NEGRA

Objetivo de Enseñanza:

- Reconocer el comportamiento interno de la materia por medio de la interpretación de su comportamiento externo.

1. Introducción al nuevo conocimiento.

Materiales: Cajas de cartón selladas



Estas cajas están cerradas y no se pueden abrir. Pero cada grupo tiene que descubrir qué hay dentro de su caja. Para eso, les proponemos que cumplan con algunas instrucciones

¿QUÉ HAY DENTRO DE LA CAJA?

### INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

#### I PARTE

- a. Primero, sin tocar la caja, piensen qué pueden hacer para descubrir qué hay adentro. Anoten todas las ideas que se les ocurran:

---

---

---

---

b. Si alguna de esas ideas implica usar una herramienta o instrumento, anoten cuál

---

---

---

---

c. ¿Qué se le pide al grupo de trabajo que encuentre? ¿Cuál es la incógnita?

---

---

---

---

d. ¿Cuál es la condición para que se dé el problema?

---

---

---

---

e. Qué ideas se les ocurrirían a ustedes, si en lugar de pedirles que hay dentro de la caja, se les preguntara que tiene adentro un objeto cómo una piedra o una bola de cristal.

---

---

---

---

f. Ahora empiecen a manipular la caja, pero recuerden que no pueden abrirla ni agujerear los lados.

g. A medida que van teniendo ideas sobre lo que hay adentro, anótelas. (Recuerden que pueden poner todo lo que se les ocurra que tiene la caja adentro y dar una pequeña explicación)

- ---
- ---

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

## II PASO

La caja no puede ser abierta, pero si pueden abrir un agujerito en los lugares donde están marcados con círculos. Háganlo y repitan las operaciones **f** y **g** del primer paso

---

---

---

---

## III PASO

Ahora el grupo hará una lista con todo aquello que conocen sobre el tema, igualmente harán otra con aquello que el grupo debe saber para resolver el problema.

¿Qué conoce el grupo sobre el problema?

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

• ¿Qué debería conocer el grupo sobre el tema para resolver el problema?

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

## IV PASO

Ahora llega un paso importante, el grupo debe diseñar un PLAN para encontrar la respuesta al problema que se ha propuesto. Diseñar un plan no es nada fácil, pero a continuación les mostraremos una serie de preguntas que les ayudarán a construir un plan efectivo para llegar a la respuesta del problema.

- ¿Conocen un problema que se relaciona a éste?

---

---

---

---

- Lean la incógnita del problema. ¿conocen algún problema similar que tuviera la misma incógnita?

---

---

---

---

- Podrán utilizar el problema similar del punto anterior, para solucionar el que se les ha planteado

---

---

---

---

- Si han logrado el plan en conjunto, entonces, mencionen cada uno de los pasos que tendrán en cuenta para hacerlo:

- Paso: \_\_\_\_\_
  - Paso: \_\_\_\_\_
  - Paso: \_\_\_\_\_
  - Paso: \_\_\_\_\_
- etc.....

## V PASO

Una vez tengan claro cuál es el plan que van a desarrollar para responder al problema, deben llevarlo a cabo. Al seguir el plan deben asegurarse que están siguiendo cada uno en orden. Anoten entonces que han conseguido al desarrollar cada uno de los pasos:

- ¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 1?

---

---

---

---

- ¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 2?

---

---

---

---

- ¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 3?

---

---

---

---

- ¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 4?

---

---

---

---

- ¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 5?

---

---

---

---

### **VI PASO**

Dibujen el interior de la caja, explicando por qué creen que es así. Ahora tienen que comentar a sus compañeros el dibujo. Usen todas las anotaciones que hicieron para justificar sus decisiones. ¿Les hubiera gustado poder usar otros instrumentos o herramientas más complejos o que no están disponibles en la escuela? ¿Cuáles y por qué?



DIBUJO DEL INTERIOR DE LA CAJA

### **VIII PASO**

Ahora harán su auto informe, mostrando todo lo realizado desde que empezó el trabajo hasta que se resolvió; y harán una presentación mostrando las conclusiones a las que llegaron

**IX PASO**

**Contesta las siguientes preguntas**

- a. ¿Cómo relacionan su trabajo con el hecho por los primeros hombres de ciencia?

---

---

---

---

- b. ¿Si toda la materia como los sólidos, líquidos y gases, son “cajas negras”. De qué crees que estén hechos?

---

---

---

---

- c. ¿De qué les sirve el trabajo hecho para responder la pregunta anterior?

---

---

---

---

**MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

## INSTRUMENTO 3

Universidad Autónoma de Manizales  
Maestría en Enseñanza de las Ciencias III Cohorte  
Proyecto de Investigación:

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO NATURALEZA DE LA MATERIA  
MEDIANTE EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP).**

**Colegio: NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**

**GRADO 8°**

**Actividad # 2: EL AIRE SE CALIENTA**

Objetivo de Enseñanza:

- Relacionar las características que presentan los gases con su estructura.
- Objetivo de Aprendizaje:  
Entiendo cómo se comportan los gases teniendo en cuenta su estructura.

### I INTRODUCCIÓN AL NUEVO CONOCIMIENTO

A continuación el grupo tendrá a disposición los siguientes materiales:



- Un Erlenmeyer
- Una bomba elástica
- Un mechero
- Un trípode

#### Procedimiento:

1. Tomen el Erlenmeyer y en la boca de éste sujeten la bomba.
2. Pongan el Erlenmeyer sobre el trípode.
3. Prendan el mechero y póngalo debajo del Erlenmeyer.
4. Respondan:

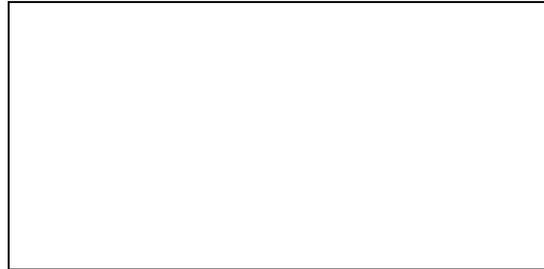
1. Dibujen y describan que sucede pasado 1 minuto

---

---

---

---



2. Dibujen y describan que sucede pasados 8 minutos. (Después de esto quiten el Mechero por TRES minutos)

---

---

---

---



3. Dibujen y describan que ocurre después de Pasados los TRES minutos

---

---

---

---



A partir de lo anterior, deberán dar respuesta a la siguiente pregunta.  
¿POR QUÉ LA BOMBA SE INFLÓ Y SE DESINFLÓ A LO LARGO DE LA PRÁCTICA?

## II RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Ya han hecho la práctica y han descrito de manera general lo que ha ocurrido. Ahora el grupo va a leer nuevamente los apuntes que han hecho, y discutirán un poco, si están de acuerdo o no, con las respuestas. Si no están de acuerdo, vuelvan a plantear que sucedió.

Descripción final de la práctica:

---

---

---

---

### I PASO

Ahora van a tener en cuenta las siguientes preguntas para resolver el problema:

a. ¿Qué se le pide al grupo de trabajo que encuentre? ¿Cuál es la incógnita?

---

---

b. ¿Cuáles son los datos que se tienen?

---

---

---

c. ¿Cuál es la condición para que se dé el problema?

---

---

---

d. ¿Por qué se infla la bomba?

---

---

---

e. ¿De que creen que se infla la bomba? Justifica tu respuesta.

---

---

---

f. ¿Qué importancia tiene la temperatura en la práctica que acaban de hacer? Justifiquen su respuesta?

---

---

---

---

g. ¿Qué es lo que hace la temperatura para que el globo empiece a inflarse?

---

---

---

---

## II PASO

Teniendo claro cuál es la incógnita, los datos y la condición para que se dé en problema, el grupo va a decir cuáles son las posibles hipótesis del problema. (Las hipótesis son posibles explicaciones que se dan, a partir de la toma de datos y de la información que se tenga)

a. Hipótesis 1:

---

---

---

b. Hipótesis 2:

---

---

---

c. Hipótesis 3:

---

---

---

d. Hipótesis 4:

---

---

---

### III PASO

Ahora el grupo hará una lista con todo aquello que conocen sobre el tema, igualmente harán otra con aquello que el grupo debe saber para resolver el problema.

a. ¿Qué conoce el grupo sobre el tema?

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

b. ¿Qué debería conocer el grupo sobre el tema para resolver el problema?

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

### IV PASO

Ahora llega un paso importante, el grupo debe diseñar un PLAN para encontrar la respuesta al problema que se ha propuesto. Diseñar un plan no es nada fácil, pero a continuación les mostraremos una serie de preguntas que les ayudarán a construir un plan efectivo para llegar a la respuesta del problema.

a. ¿Conocen un problema que se relaciona con el que están trabajando?

---

---

---

b. Lean la incógnita del problema que están trabajando. ¿conocen algún problema similar que tuviera la misma incógnita?

---

---

---

c. Podrán utilizar el problema similar, para solucionar el problema que tienen planteado.

---

---

---

d. Si hasta el momento no han podido encontrar un problema similar que les pueda ayudar en la solución, ¿pueden enunciar el problema que tienen planteado de forma diferente?

---

---

---

e. Si no pueden resolver el problema propuesto, y no encuentran otro similar que les ayude a solucionarlo. Traten de solucionar algún problema que se relacione con él y descríbanlo.

---

---

---

---

f. Si han logrado el plan, entonces, mencionen cada uno de los pasos que tendrán en cuenta para hacerlo:

- Paso: \_\_\_\_\_
  - Paso: \_\_\_\_\_
  - Paso: \_\_\_\_\_
  - Paso: \_\_\_\_\_
- etc.....

### V PASO

Una vez tengan claro cuál es el plan que van a desarrollar para responder al problema, deben desarrollarlo. Al seguir el plan, deben asegurarse que están siguiendo cada uno de los pasos en orden. Anoten entonces, que han conseguido al desarrollar cada uno de los pasos:

a. ¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 1? ¿El paso es correcto?

---

---

---

---

b. ¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 2? ¿El paso es correcto?

---

---

---

---

c. ¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 3? ¿El paso es correcto?

---

---

---

d. ¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 4? ¿El paso es correcto?

---

---

---

---

e. ¿Qué han conseguido al desarrollar el paso 5? ¿El paso es correcto?

---

---

---

---

## VI PASO

Ahora se presentarán los resultados. Cada grupo presentará un reporte, en él mostrarán cuáles fueron los resultados que obtuvieron después de realizar el plan.

REPORTE DE RESULTADOS (En el siguiente cuadro pondrán los resultados que alcanzaron después de hacer el plan y llevarlo a cabo.

Los resultados del grupo fueron los siguientes:

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

ETC.....

### **VII PASO**

Después de desarrollar el problema, retomen las preguntas que estaban planteadas en el paso 1, especialmente las D, E, F, G, H; lean las respuestas que pusieron inicialmente y vuélvannas a responder. ¿Creen que han cambiado las respuestas? ¿Continúan pensando de igual forma? Justifiquen sus respuestas.

**MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

## INSTRUMENTO 4

**Universidad Autónoma de Manizales**  
**Maestría en Enseñanza de las Ciencias III Cohorte**  
**Proyecto de Investigación:**

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO NATURALEZA DE LA MATERIA  
MEDIANTE EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP).**

**Colegio: NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**

**GRADO 8°**

**Actividad # 3: ¿Qué hay frente a nosotros?**

Objetivo de Enseñanza:

- Comprender por medio de la práctica las características que presentan las partículas

Objetivo de aprendizaje:

- Reconozco que las partículas al estar unidas presentan unas características particulares

### **I INTRODUCCIÓN AL NUEVO CONOCIMIENTO**

**A CONTINUACIÓN REALIZARÁN LA SIGUIENTE PRÁCTICA**

- Cada uno de los grupos tendrán los ojos vendados y entraran al salón designado.
- Una vez adentro, deberán sentarse en las sillas que el docente disponga.
- A cada uno se les dará unas esferas que deberán lanzar sobre una superficie que se encuentra delante de las sillas.
- Una vez lanzadas todas las esferas, se quitarán las vendas y observarán cuál es la ubicación de cada una de ellas
- A partir de sus observaciones, deberán contestar lo siguiente.

En las siguientes líneas deberán describir detalladamente que ocurrió con las esferas que fueron lanzadas a la superficie desconocida.

---

---

---

Una vez hecha la descripción, deberán llegar a dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿QUÉ HABÍA AL FRENTE DE NOSOTROS?

**I Paso:**

Ahora van a tener en cuenta las siguientes preguntas para resolver el problema:

- a. ¿Qué se le pide al grupo de trabajo que encuentre? ¿Cuál es la incógnita?

---

---

---

- b. ¿Cuáles son los datos que se tienen?

---

---

---

- c. ¿Cuál es la condición para que se dé el problema?

---

---

---

- d. Teniendo en cuenta la experiencia, ¿qué les impedía a las esferas pasar a través de la estructura?

---

---

---

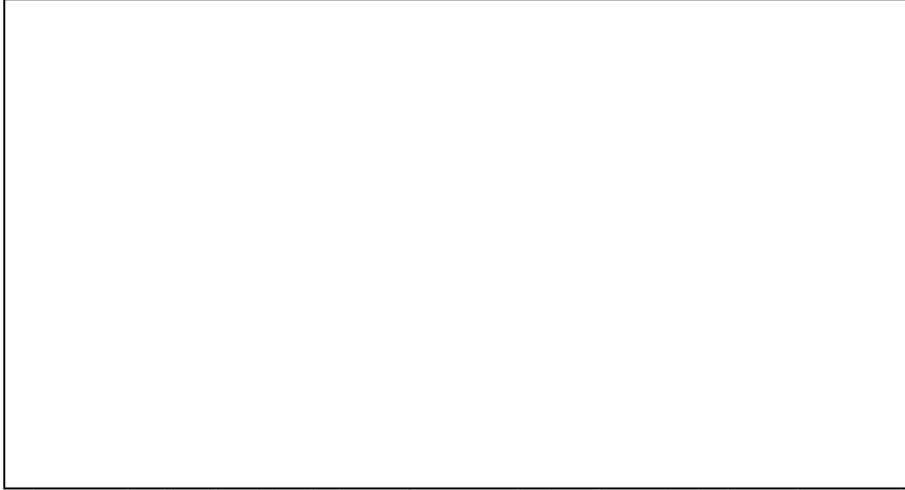
- e. Sabiendo que todas las esferas eran prácticamente del mismo tamaño, ¿por qué unas si pudieron pasar a través de la estructura?

---

---

---

- f. Elaboren un dibujo de acuerdo a los datos que tienen, donde puedan mostrar cuál es la apariencia de la estructura que tenían al frente.



- f. Al observar la distribución de las esferas en el piso después de lanzarlas, ¿tendrá alguna relación esto, con la forma que tiene la estructura a la que le lanzaron las esferas?

---

---

---

- g. Si tuvieran una lupa de gran poder, con capacidad de aumentar lo que ven, y les preguntarán ¿cómo es la apariencia interna del gas que se encuentra en el Erlenmeyer del problema pasado? Qué dibujo harían al respecto

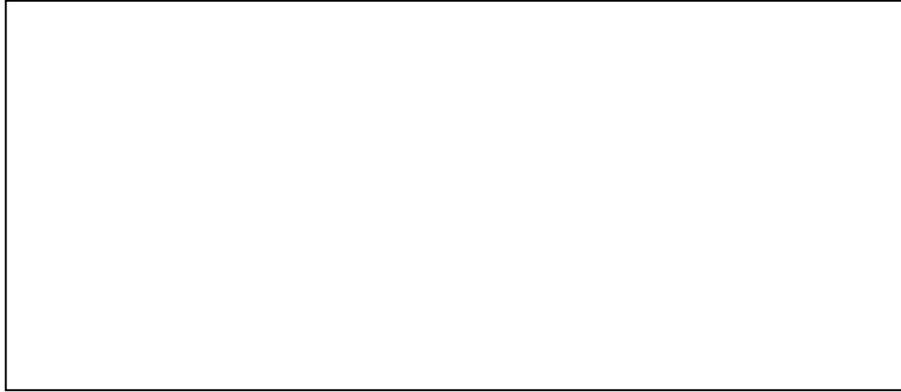


**LUPA DE GRAN PODER**



**Erlenmeyer**

**Elabora el dibujo**

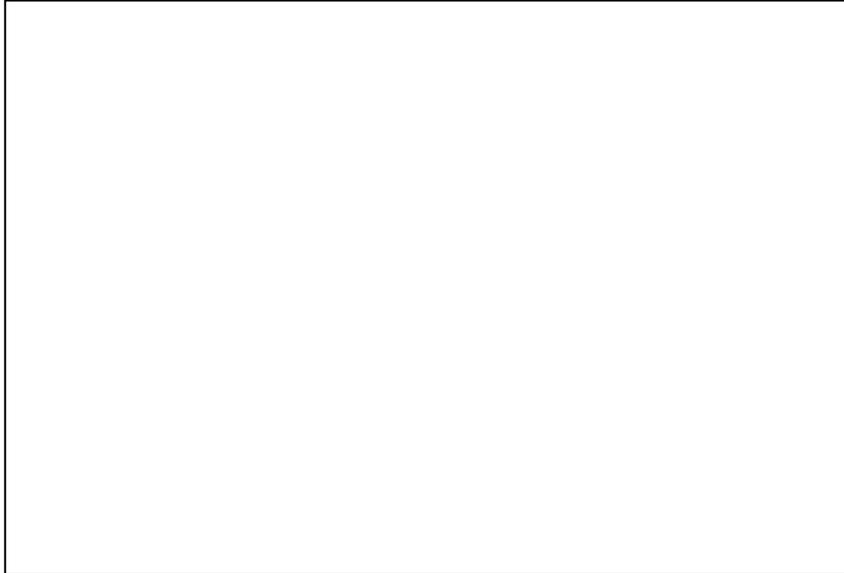


- g. Teniendo en cuenta el dibujo anterior, si les dijeran ahora que dibujen la apariencia interna de un sólido y de un líquido con la misma lupa de gran poder. Cuál sería el dibujo

APARIENCIA INTERNA DE UN SÓLIDO	APARIENCIA INTERNA DE UN LÍQUIDO

**II Paso:**

- a. Tengan en cuenta la imagen que dibujaron en el punto **I (f)**, es decir, la estructura desconocida. (Esta es la que han elaborado una vez hecha la práctica). Si les dijeran que las partículas de gas del problema anterior, pueden tener las características y apariencia de la estructura desconocida, **¿CÓMO DIBUJARÍAN LAS PARTÍCULAS?**



- b. Crean que en verdad las partículas del gas puedan tener esta forma cuando están juntas. Si o No y por qué

---

---

---

- c. ¿Cuál es la principal característica que presentan las partículas que han dibujado en el punto **II a**?

---

---

---

---

- d. Teniendo en cuenta la respuesta que han dado en el punto **II a.** ¿Cómo dibujarían ahora las partículas que forman a un sólido y a un líquido?

PARTÍCULAS EN UN SÓLIDO	PARTÍCULAS EN UN LÍQUIDO

- e. Creen que en verdad las partículas de los sólidos y los líquidos, puedan tener esta forma cuando están juntas. Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_ por qué

---

---

---

---

- f. Atendiendo a las respuestas y dibujos que han planteado, podrían explicar ¿por qué los sólidos son impenetrables, mientras que los líquidos y los gases si?

---

---

---

---

**III Paso:**

**RESULTADOS DE LA PRÁCTICA**

REPORTE DE RESULTADOS (En el siguiente cuadro pondrán los resultados que alcanzaron después de realizar la práctica y responder las preguntas propuestas a partir de la misma

Los resultados del grupo fueron los siguientes:

1.

2.

3.

4.

5.

6.

7.

**MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

## INSTRUMENTO 5

**Universidad Autónoma de Manizales**  
**Maestría en Enseñanza de las Ciencias III Cohorte**  
**Proyecto de Investigación:**

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DEL CONCEPTO NATURALEZA DE LA MATERIA  
MEDIANTE EL APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP).**

**Estimado estudiante:**

A continuación se presentarán una serie de situaciones, léalas muy bien y conteste las preguntas que se formulan.

### **1. Práctica**

Le daremos ahora dos sustancias (agua y tinta de color), en un vaso agregará agua y le echara un poco de tinta, observe lentamente que ocurre.

CONTESTA: ¿Qué explicación le daría a este fenómeno?

Explicación macroscópica del fenómeno

---

---

---

---

Explicación microscópica del fenómeno

---

---

---

---

**ELABORE EL DIBUJO DE LA EXPLICACIÓN QUE ACABA DE HACER**

EXPLICACIÓN MACROSCÓPICA DEL FENÓMENO	EXPLICACIÓN MICROSCÓPICA DEL FENÓMENO

¿Qué diferencia encuentra entre la explicación macroscópica y microscópica del fenómeno?

---

---

---

---

Compare sus explicaciones con la de otros compañeros, discuta sobre las diferencias y semejanzas de las explicaciones y argumente por qué la suya es una buena explicación. ¿Le cambiaría algo o lo dejaría igual?

---

---

---

## 2. Práctica

A continuación le daremos una jeringa sin aguja, tapando el orificio de salida, traten de bajar o subir el émbolo.

CONTESTA: ¿Por qué se comprime el aire?

¿Por qué cuesta bajar el émbolo cuando más comprimido esta?

¿Por qué cuando suelta el embolo vuelve a su posición inicial?

Explicación macroscópica del fenómeno

---

---

---

---

Explicación microscópica del fenómeno

---

---

---

---

**ELABORE EL DIBUJO DE LA EXPLICACIÓN QUE ACABA DE HACER**

EXPLICACIÓN MACROSCÓPICA DEL FENÓMENO	EXPLICACIÓN MICROSCÓPICA DEL FENÓMENO

--	--

¿Qué diferencia encuentra entre la explicación macroscópica y microscópica del fenómeno?

---

---

---

---

Compare sus explicaciones con la de otros compañeros, discuta sobre las diferencias y semejanzas de las explicaciones y argumente por qué la suya es una buena explicación. ¿Le cambiaría algo o lo dejaría igual?

---

---

---

---

### 3. Práctica

El profesor le dará un lápiz y un trozo de lana, una vez los tenga empezará a frotar el lápiz en la superficie de la lana durante un minuto, pasado este tiempo conteste:

- ¿Qué cambios hubo en el lápiz?

Explicación macroscópica del fenómeno

---

---

---

Explicación microscópica del fenómeno

---

---

---

---

**ELABORE EL DIBUJO DE LA EXPLICACIÓN QUE ACABA DE HACER**

EXPLICACIÓN MACROSCÓPICA DEL FENÓMENO	EXPLICACIÓN MICROSCÓPICA DEL FENÓMENO

¿Qué diferencias encuentra entre la explicación macroscópica y microscópica del fenómeno?

---

---

---

---

Compare sus explicaciones con la de otros compañeros, discuta sobre las diferencias y semejanzas de las explicaciones y argumente por qué la suya es una buena explicación. ¿Le cambiaría algo o lo dejaría igual?

---

---

---

---

**MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**