

# Enseñanza y Aprendizaje del concepto *naturaleza de la materia* mediante la resolución de problemas

*John Jairo Henao García*<sup>1</sup>

Universidad Católica de Manizales

*Oscar Eugenio Tamayo Alzate*<sup>2</sup>

Universidad de Caldas

## Resumen

**E**l propósito de esta investigación fue el de caracterizar el concepto *Naturaleza de materia* y el aprendizaje del mismo logrado a partir de una estrategia didáctica centrada en la resolución de problemas. Como tal, la estrategia es netamente colectiva, sin embargo, al final se hizo un ejercicio individual para evaluar el impacto que tuvo la misma en el aprendizaje de los estudiantes. Los resultados son presentados desde dos perspectivas: la primera de naturaleza cuantitativa, en la cual describimos los cambios observados en el proceso de aprendizaje como consecuencia de la intervención didáctica. La segunda de orden cualitativo, en la cual describimos las ideas de los estudiantes acerca de la estructura de la materia. Al final se destacan algunas características del aprendizaje logrado a partir de la estrategia didáctica.

**Palabras Clave:** Naturaleza de la materia, aprendizaje basado en problemas, Enseñanza y Aprendizaje.

---

1 Licenciado en Biología y Química, Universidad de Caldas. Master en Enseñanza de las Ciencias, Universidad Autónoma de Manizales. Profesor Universidad Católica de Manizales. Johnhenao03@gmail.com

2 Licenciado en Biología y Química, Universidad de Caldas. Máster en Desarrollo Educativo y Social, CINDE-UPN. Magíster en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, Universidad Autónoma de Barcelona. Doctor en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas, Universidad Autónoma de Barcelona. Postdoctorado en Narrativa y Ciencia, Universidad Santo Tomás-Universidad de Córdoba. Profesor Universidad de Caldas y Universidad Autónoma de Manizales. E-mail: oscar.tamayo@ucaldas.edu.co

## Teaching and learning the concept of nature of matter through problem solving

### Abstract

The purpose of this research project was to characterize the concept of nature of matter and the way it can be learnt by means of a didactic strategy centered on problem solving. Such strategy is purely collective; however, in the end an individual activity allowed to assess its impact on students' learning. The results are presented from two perspectives: the first one is quantitative in nature, in which we describe the changes observed in the learning process as a result of the educational intervention. The second one is qualitative in nature, and we use it to describe the students' ideas about the structure of matter. We finally underline some of the characteristics of the learning achieved by means of this teaching strategy.

**Key words:** nature of matter, problem-solving learning, teaching and learning.

### Introducción

En todos los programas curriculares para la enseñanza de la química, independientemente del nivel educativo, se parte de la idea de 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 dicha materia. 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. Así mismo, en el momento de elaborar explicaciones, los mismos estudiantes 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 superficial 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 de los fenómenos químicos sobre las de carácter microscópico acerca de los mismos.

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, Berkheimer & Blacklee, 1993; Renstrom, Andersson & Morton, 1990; Stavy 1995, citado por Pozo & Gómez Crespo, 2005) y en todos ellos se han visto concepciones alternativas basadas en el poco aprecio que le dan los estudiantes al movimiento intrínseco en la materia; asimismo, se ha encontrado que ellos atribuyen el comportamiento macroscópico de las partículas y creen en la no existencia de espacios vacíos en la materia. Es decir, muchos estudiantes consideran 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 directa y de una pobre enseñanza del concepto.

En la enseñanza de la química puede verse cómo los estudiantes interactúan con los contenidos a través de la exposición mecánica a una gran cantidad

de hechos, teorías y conceptos que, en la mayoría de los casos, se presentan como hechos aislados (Alzate, 2007). Esto lleva 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), critica la enseñanza de la química centrada en estrategias que presentan hechos y datos aislados que dan importancia a la apariencia externa de los fenómenos, que prioriza la memorización repetitiva y deja en segundo plano los procesos de formación y asimilación de conceptos. Tales estrategias de enseñanza responden a un interés transmisionista y obedecen a una concepción empirista de la ciencia. Es de señalar que en este tipo de enseñanza 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.

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 dependerá en buena parte que se alcancen mejores niveles de desempeño en los estudiantes. Bajo esta mirada, se espera que puedan entenderse y explicarse situaciones cotidianas a partir de los principios de la química y no basadas en el realismo ingenioso dominado por la percepción que tenemos frente a éstas, lo cual puede lograrse a partir de estrategias de enseñanza centradas, en nuestro caso, en la resolución de problemas en contexto. De acuerdo con Barrows (1986), esta estrategia, basada en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos, puede llegar a generar excelentes resultados en el aprendizaje de los estudiantes con el fin de promover el logro de

aprendizajes en profundidad. Además, el trabajo no estructurado propuesto en este tipo de estrategias 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, p. 45)*

Frente a lo expuesto, nos propusimos los siguientes objetivos: caracterizar las ideas que tienen los estudiantes acerca del concepto *Naturaleza de la materia*, diseñar y aplicar una propuesta de enseñanza para este concepto y caracterizar su aprendizaje a partir de situaciones cotidianas basadas en la solución de problemas.

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

La literatura muestra que los estudiantes tienen dificultades para la comprensión de la estructura de la materia (Ben-Zvi, Eylon & Silberstein, 1986; Snir, Smith & Raz, 2003), debidas en parte a la presencia de las llamadas concepciones alternativas, las cuales son persistentes, difíciles de cambiar y producto del *sentido común* aplicado a la predicción y control de fenómenos cotidianos (Pozo & Gómez Crespo, 1998).

El concepto de materia es central en la enseñanza de la química. Su entendimiento es fundamental para comprender la estructura de la materia y los cambios que ocurren en ella (Gabel, Samuel & Hunn, 1987; de Vos & Verdonk, 1996). Además, el concepto de materia es la base para la comprensión de muchos de los fenómenos que ocurren en la naturaleza. Por éstas razones, la enseñanza y el aprendizaje acerca de la naturaleza de la materia es un componente curricular que se expresa desde la etapa de la educación escolar hasta la secundaria (Treagust, Chandrasegaran, Crowley, Yung, Cheong, Othman, 2010). Un apropiado conocimiento sobre este tema es esencial para el aprendizaje de un amplio conjunto de conceptos químicos; no obstante lo anterior, la naturaleza de la materia es un tema que presenta gran dificultad a los estudiantes en su proceso de aprendizaje. 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), en-

tonces, dar un paso conceptual desde las ideas basadas en la continuidad de la materia a aquellas que involucran la idea de partículas es realmente complejo (Espindola & Campanini, 2006; Talanquer, 2006). Lograr trascender en este aspecto requiere comprender las dificultades referidas tanto a la enseñanza como al aprendizaje, las se encuentran bien documentadas en la literatura especializada. Tal vez esta situación sea motivada en gran medida por el alto grado de abstracción que presenta éste tipo de conceptos.

Gabel, (1998), citado por Furio & Furio, (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 recurrencia en las aulas de clase y en la población general alrededor de la concepción de la materia. Esta 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. Es decir, las concepciones discontinuas de la materia no las presenta el mundo real, son un agregado educativo.

Por otra parte, aunque el sistema educativo se ha dedicado a enseñar la idea aceptada por la comunidad científica en cuanto a que la materia es discontinua, la teoría particulada enseñada es limitada y no permite ciertas explicaciones (Wu, 2003). Esto quiere decir que si bien el modelo particulado es conocido, no es fácil aplicarlo de manera adecuada en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química. Dicha situación es producto, tal vez, de las estrategias instruccionales que no han sido muy efectivas para modificar la esencia de aquellas concepciones superficiales pero fuertemente arraigadas en los estudiantes (Duit, 1999, citado por Pozo & Gómez Crespo, 2005).

Al parecer, los estudiantes elaboran representaciones para las sustancias con las cuales interactúan, a partir de su experiencia perceptiva. A manera de ejemplo, es preciso decir que a los estudiantes les resulta complejo entender que los gases son algo sustancial (Furio, Hernández & Harris, 1987; citado por Furio

& Furio, 2000) debido a su naturaleza poco corpórea y a la escasa percepción que tienen sobre estas sustancias. Así mismo, las dificultades para entender la naturaleza discontinua de la materia pueden deberse a que dicha comprensión es incompatible con muchas concepciones superficiales que tienen los estudiantes acerca de la materia misma y sobre los modelos usados para representarla. Aunque esas dificultades sean serias es necesario insistir en la importancia de ayudar a los estudiantes a superarlas, ya que su conocimiento acerca del modelo de partículas discontinuo incidirá sobre su aprendizaje de otros conceptos de ciencia en años siguientes (Snir, et al, 2003).

A pesar del reconocimiento por un gran número de investigadores del desconocimiento de la teoría corpuscular, también se ha llegado al extremo de creer que dicha teoría es un hecho conocido (Dorie, et al, 1989; Hurd et al; 1981; citado por Snir, et al, 2003). Es decir, algunos docentes tienen la falsa idea 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. Esta idea desvirtuada de la realidad hace que dichos docentes tiendan a pasar directamente a la explicación de diversos fenómenos sobre la base de la posesión de éstos conceptos. Asimismo, este comportamiento de los docentes demuestra su concepción de ciencia y de la enseñanza de la misma como un proceso que carece de conflictos y conjeturas, moralmente neutro, intemporal y universal (Kauderer, 1999).

Los argumentos planteados hacen 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 que también se debe re-describir esa experiencia del mundo físico en nuevos niveles representacionales que solo son posibles mediante la instrucción. Tal vez desde esta óptica resultaría más sencillo establecer la coexistencia de las teorías alternativas o implícitas con las teorías científicas en el ámbito de la química, como un punto de partida sobre el cual los estudiantes puedan lograr aprendizajes profundos en este campo del conocimiento.

## Acerca de los Problemas y su resolución

Resolver problemas es una de las tareas que a diario debemos enfrentar en la cotidianidad, tanto en lo



referido al contexto familiar, como en al profesional o al personal. Por estas razones, hoy no es anómalo 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), hasta el punto de encontrar propuestas curriculares centradas en la resolución de problemas en el campo de la enseñanza de la ciencia y, particularmente, de la química (Camacho & Quintanilla, 2008; Campanario & Moya, 1999; García, 1998, 2000; Garret, 1988; Gil, et al, 1992; Perales, 1998; Sigüenza & Saenz, 1990; Sonmez & Lee, 2003).

Para muchos investigadores (García, 1998; Garret, 1998; Gil, Martínez-Torregosa; Ramírez, Dumas-Carré, Gofard, Pessoa de Carvalho, 1992; Perales, 1998; Sigüenza & Sáez, 1990) un problema es más una apuesta para 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 basa la metodología llamada ABP, en la que Barrows (1986) mostró y comprobó la efectividad y la asertividad relativamente considerables del modelo en el aprendizaje en ciencias de la salud, y que ha sido transpuesto a muchas disciplinas.

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 es un proceso que depende de la iniciativa y del estímulo que tenga el individuo frente a la tarea que debe llevar a la solución. Dicha estrategia generalmente puede llegar a ser exitosa o frustrante de acuerdo a como sea encarada la tarea. 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 Sigüenza y Saenz, 1990). La raíz 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. Resolver un problema ha sido descrito como un proceso que requiere de pensamiento creativo (Garret, 1988).

Pensar creativamente hace la diferencia frente a la solución que se de a un problema. Frente a una misma situación, la distancia entre dos “solucionadores” radica en el hecho de encontrar la vía o la forma más eficaz y corta para resolverla, de tal manera que la estrategia que se tome en un momento será el punto de referencia para indicar que tan bien se ha abordado y trabajado sobre la situación problema. Partir de una estrategia en el proceso de resolver un problema es fundamental no sólo en función de la resolución misma del problema, sino, además, en cuanto al desarrollo de ciertas habilidades del pensamiento (Pómes, 1991).

Hablar de una verdadera situación problema es abordar *Problemas auténticos* (Garret, 1988), es decir, problemas que plantean preguntas que hacen pensar y que exigen estrategias más elaboradas para su resolución. En la enseñanza de las ciencias se hace necesario diferenciar entre los llamados “*puzzles cerrados*” y “*puzzles abiertos*” (Garret, 1988). Los primeros tienen una respuesta y se sabe cómo solucionarlos, o sea, se resuelven mediante algoritmos claramente definidos y donde las respuestas se conocen de antemano. Por otra parte, en los segundos, la cuestión no tiene una solución clara y no existe un algoritmo que permita solucionarlo, así que para su resolución el individuo se basa en la planificación estratégica, que contenga una serie de pasos que requieren ser valorados tras la puesta en marcha de cada uno de ellos.

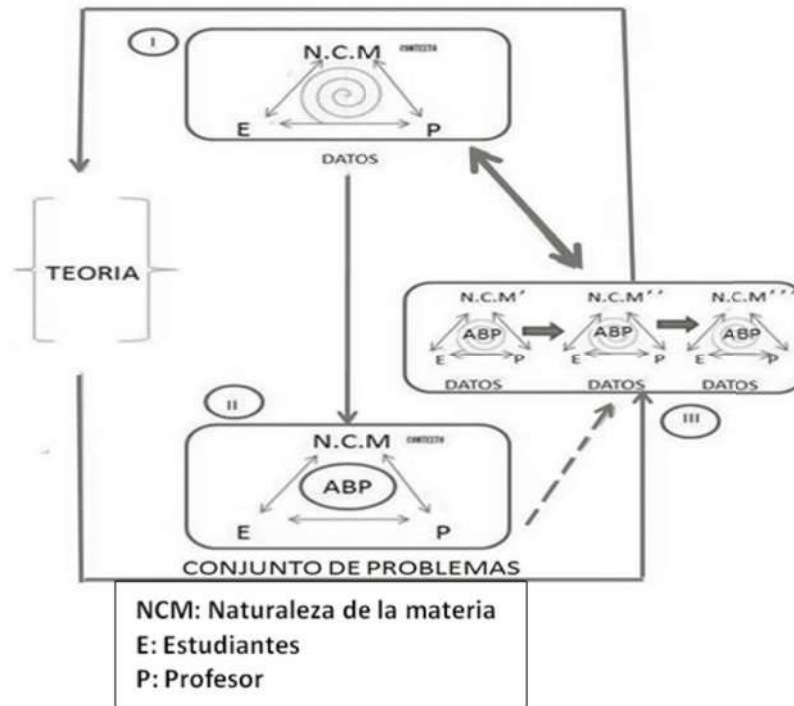
En el ámbito de la enseñanza de las ciencias Perales (1998) y García (2000) plantean que resolver un verdadero problema requiere más que un planteamiento premeditado, una estrategia que contenga elementos definidos para alcanzar éxito en la tarea propuesta. De manera específica, García (2000) considera un problema como una situación que debe verse, bien sea, según el grado de dificultad del individuo, o desde el camino usado para la solución. Propone que desde la primera perspectiva una situación se convierte en problema solamente cuando ha sido reconocida como tal, cuando corresponde a una duda carente de respuesta. Desde la segunda perspectiva, indica el autor 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 se desarrolle una estrategia.

Acerca de las estrategias usadas para la resolución de problemas Perales (1998) propone un modelo de resolución de problemas muy similar al propuesto por Polya (1965). Perales plantea que se debe trabajar sobre estrategias heurísticas entre las que se encuentran las siguientes:

- 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: el estudiante plantea la ruta metodológica para llegar a posibles conclusiones.
- Resolución propiamente dicha del problema.
- Revisión del proceso: implica la autoevaluación de las etapas anteriormente mencionadas.

## Metodología

### Diseño de la Investigación



**Figura 1: Diseño de Investigación.** En este puede verse las etapas en las cuales se hizo 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 y conceptos dados en torno al tema, objeto de este estudio. 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).

## Tipo de estudio

El informe de investigación aquí presentado es de **naturaleza descriptiva y comprensiva**. Se realizó un estudio de caso (Merriam, 1988) que consistió en proporcionar a los estudiantes una serie de situaciones que representan problemáticas diversas pertenecientes de la vida real para que se estudien y analicen con el

objeto de que los **alumnos generen soluciones frente a las mismas**. La investigación realizada es **descriptiva**, en tanto que tiene por objeto obtener una o más categorías conceptuales que emergen en una población bien definida. Así mismo, en esta investigación se trata de describir como se realizan los procesos de comprender y resolver una situación, necesidad o problema en un contexto determinado (Cisterna, 2005).

La investigación realizada 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 tiene un carácter micro social puesto que hace referencia a un grupo social pequeño al interior del sistema educativo del Municipio de Villamaría (Caldas – Colombia).

## Unidad de Análisis y Unidad de Trabajo

**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

**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)

## Técnicas e Instrumentos

En primer lugar se identificaron las concepciones alternativas de los estudiantes acerca del concepto *Naturaleza de la Materia*. Una vez reconocidas, se procedió a realizar una serie de actividades encaminadas a la resolución de problemas en contexto, con el objeto de llevar a los estudiantes a la construcción de conceptos más elaborados en el ámbito de estudio. Luego se evaluaron los logros obtenidos a partir del desempeño en actividades en las cuales los estudiantes debían aplicar el modelo particulado de la materia para la resolución de los nuevos problemas presentados.

En cuanto a la recolección de la información, en un primer momento se aplicó un instrumento a los estudiantes para indagar las concepciones que tenían frente al concepto *Naturaleza de la Materia*. Para este cometido los estudiantes, luego de ver un video sobre un personaje de caricatura llamado “Gasparín” en el que se presentaba una situación, resolvieron un cuestionario elaborado a partir de dicha situación. El cuestionario constaba de un grupo de preguntas abiertas y, además, proponía la elaboración de representaciones gráficas que por su contenido permitirían evidenciar qué concepción tenían los estudiantes sobre la materia y sobre que ideas fundamentaban sus explicaciones.

En un segundo momento, se hizo el análisis de los datos obtenidos partir de la aplicación del cuestionario en lo referido a las concepciones acerca de

la naturaleza de la materia. Luego de identificadas dichas concepciones, se presentó a los estudiantes una serie de instrumentos de lápiz y papel en los que se le proponía la resolución de problemas que tenían como fundamento de explicación la *Naturaleza de la Materia*. El trabajo de resolución de problemas se realizó de manera cooperativa en grupos de máximo 4 integrantes y los grupos utilizaron un heurístico para la resolución de problemas basado en los planteamientos de Perales, (1998) y García, (2000). En el instrumento 2 se abordó el problema de construir una explicación válida para el comportamiento de una bomba (globo de plástico) que se infla al ser sometida al fuego. En el instrumento 3 se planteó a los estudiantes el problema llamado “la estructura misteriosa”. En dicho problema los estudiantes (luego del lanzamiento con los ojos vendados de esferas de igual tamaño a una estructura que simulaba una estructura molecular y después del retiro de la estructura usada para la simulación) debían formular hipótesis después acerca de la organización de dicha estructura basándose en el sitio en el cual quedaron las esferas lanzadas como posibles formas de solución al problema. El trabajo de abstracción de los estudiantes acerca de la organización de la estructura misteriosa fue orientado a través de una serie de preguntas que perseguían que el estudiante pudiese inferir a partir de los resultados obtenidos, la posibilidad de la existencia del vacío molecular, que es una conceptualización central dentro del modelo particulado. Ambas situaciones, propuestas en los instrumentos 2 y 3, 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 luego de cuatro semanas desde la aplicación de los instrumentos, se introdujo en el aula una actividad (Instrumento 4) que tuvo por fundamento explicar tres situaciones cotidianas y sencillas. La propuesta de dichas situaciones tuvo por objeto determinar si lo estudiantes luego de la realización de las actividades propuestas en el instrumentos 2 y 3 construían explicaciones para la comprensión de los cambios y transformaciones que ocurren en la materia a partir de la composición de la misma (del orden microscópico) y no de su apariencia (del orden macroscópico).

Es importante anotar que en la estrategia propuesta la idea de trabajar sobre una serie de problemas como punto de partida para la adquisición e integración de nuevos conocimientos articulados a un solo concep-

to, tenía la función de involucrar al estudiante en una actividad donde él fuera el responsable de su proceso, asumiendo roles coherentes de acuerdo a sus posibilidades, acompañado, claro está, por el docente (Torp, 1998).

Por otra parte, es necesario decir que los problemas plantados permitirían al estudiante comprometerse en un trabajo significativo y afín con ellos, involucrándolos así en la construcción colaborativa del conocimiento (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 en el uso de las etapas y las estrategias heurísticas de resolución planteadas teóricamente por Perales, (1998) y García, (2000). El carácter problematizador de las situaciones presentadas a los estudiantes radicaba en que dichas situaciones son semejantes a aquellas que se desarrollaron en contextos científicos reales (Camacho y Quintanilla, 2008) haciéndose significativas y factibles de ser comprendidas. Por último es importante recalcar que para resolver tales problemas, las ideas iniciales de los estudiantes y las generadas por ellos durante los procesos de resolución juegan un papel importante, 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.

## Resultados

### Ideas previas sobre la naturaleza de la materia

En un primer momento se hallaron una serie de concepciones alternativas relacionadas con la naturaleza de la materia. En éstas se pueden apreciar varias recurrencias en los estudiantes, como es el hecho de atribuirle a los cambios ocurridos en la materia explicaciones de tipo concreto concernientes a modelos explicativos influenciados por la naturaleza continua de la misma. A continuación se mostrarán una serie de ejemplos donde esto puede evidenciarse.

Al solicitar al estudiante la resolución de algunas preguntas relacionadas con los comportamientos del personaje de caricatura Gasparín, que correspondía a un fantasma como su capacidad para pasar a través de objetos sólidos y otras situaciones análogas en las cuales se veía involucrado, un grupo de estudiantes indicaron lo siguiente:

*“...está hecho de gases o alguna sustancia de apariencia similar...”*

Además, le dieron algunas propiedades a estas sustancias; indicando por ejemplo que en conjunto:

*“...los gases pueden traspasar cosas, cruzar paredes o pasar por todas partes...”*

A partir de esas expresiones se infiere como los estudiantes dieron una explicación de tipo continuo a la composición de los gases, pues no se indica en ellas la presencia de partículas o entes particulados que hagan parte de estos. Así, cuando expresaron la capacidad que tienen los gases de “atravesar sólidos”, los estudiantes están afirmando que los gases no tienen forma, ni estructura y que la “nada” posiblemente haría parte de ellos.

Otro grupo de estudiantes mencionaron explicaciones en términos de alguna característica observable, por ejemplo:

*“...los gases no tienen nada sólido, poseen mucha movilidad, levitan y no tienen forma exacta...”*

Este tipo de descripción está indicando que algunas características equivocadas de los gases sirvieron como símil para dar explicaciones en torno a la composición de fantasma Gasparín (el personaje del instrumento).

Todas las respuestas mencionadas por los estudiantes estuvieron dadas en una apreciación continua de la materia. Cuando se indagó por la composición de Gasparín se puede apreciar la existencia de una idea claramente recurrente en los estudiantes y es la de pensar en los gases como sustancias carentes de una composición material y con atributos que se contraponen a las ideas científicas sobre la composición y estructura de los gases.

Cuando se planteó la pregunta a los estudiantes: ¿por qué nosotros no podemos pasar a través de estructuras sólidas como si lo hace el fantasma, y por qué si es posible hacerlo a través del agua o del aire? las explicaciones formuladas por los estudiantes, se fundamentaban en pensar que la imposibilidad de atravesar las paredes radicaba en el hecho de ser sustancias muy “estables” o “fuertes” sin aducir el ¿por qué? de dicha estabilidad o la “fuerza”. Así mismo, en sus respuestas pareció nuevamente la idea de los gases como sustancias transparentes que pueden ser traspasar

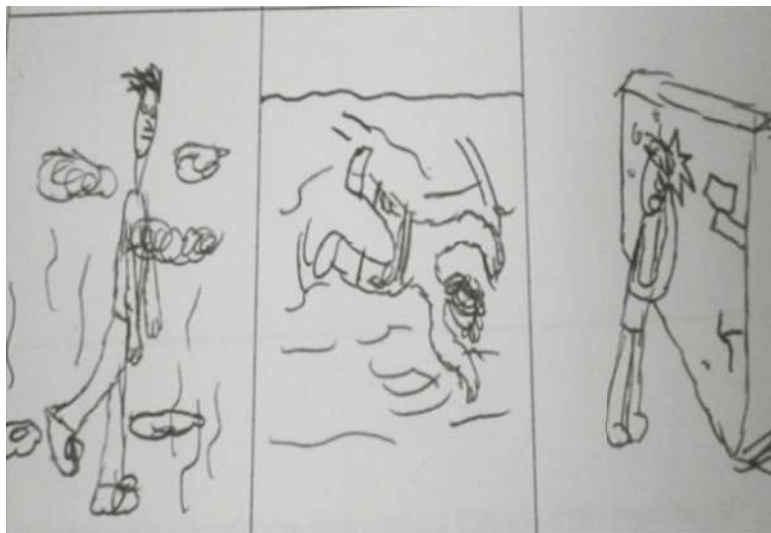


sadas simplemente por el hecho de no ser tangibles y presentar esa apariencia a nuestros sentidos.

En general, podría pensarse que las respuestas de los estudiantes evidenciaban descripciones observables de los materiales, de acuerdo a lo que ellos pueden ver, tocar y sentir; y que, en muy pocas ocasiones se refirieron a los átomos o a las partículas que las conforman. Es decir, en las respuestas de los estudian-

tes fue constante una visión continua de la materia en la cual su composición se explica en términos macroscópicos muy alejados de los conceptos que se aceptan en el modelo de partículas.

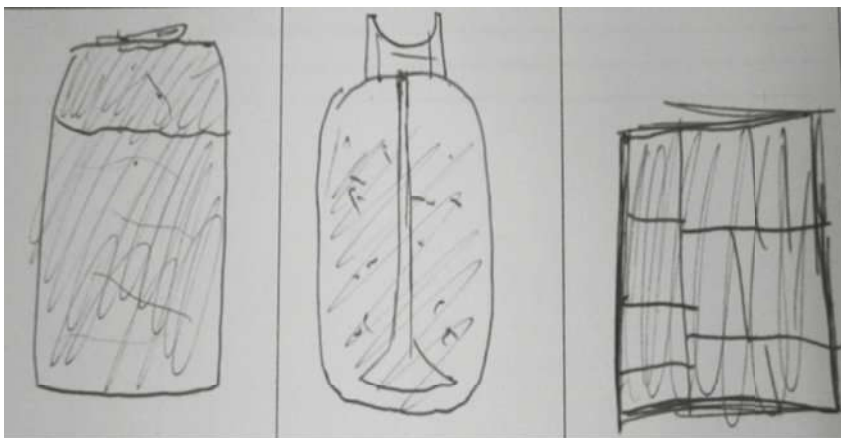
Con respecto a las representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes sobre la situación planteada, se encontró que el 85% de éstas están ubicadas en el ámbito de la naturaleza continua de la materia.



**Figura 2:** Idea continua de la materia (concepción de sólidos como sustancias concretas, el agua y los gases como sustancias homogéneas)

En la misma línea, se solicitó a los estudiantes que representaran la apariencia interna que pudiera presentar un líquido (gaseosa), un sólido (cubo) y el gas (pipeta), si lo miráramos a través de una lupa de gran poder. Cerca del 80% de las representaciones indica-

ban una visión continua y macroscópica de la materia. En dichas representaciones no se pueden observar partículas. Además, las esquematizaciones realizadas eran una apuesta explicativa basada en los hechos concretos observados, sin ir más allá de éstos.



**Figura 3:** Continuidad en la composición

Estas mismas representaciones muestran una serie de recurrencias en los estudiantes, como la no presencia de partículas que hagan parte de la estructura de la materia y la dificultad por pasar la barrera de lo observable. Por ejemplo, en la figura 3, en la que se intenta describir la apariencia interna de un líquido, de un gas y de un sólido al ser vistos por un lente de gran aumento,

solo se puede observar el contorno de los materiales que contienen las sustancias. Finalmente, es importante anotar que algunos estudiantes al enfrentarse a la misma pregunta construyeron representaciones que hacen referencia a los átomos, a los cuales les confieren propiedades macroscópicas. Veamos las siguientes representaciones realizadas por los estudiantes:

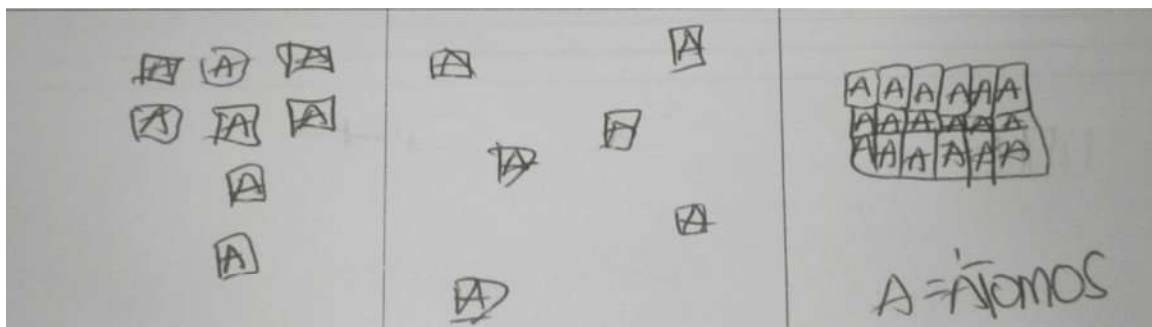


Figura 4: Partículas en términos macroscópicos

Los estudiantes que mencionan que la materia está formada por átomos, sus representaciones se ven influenciadas por una concepción macroscópica de la materia. Esta concepción puede observarse al apreciar cómo los átomos son representados como 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.

## Resultados a la estrategia de solución de problemas

En la primera actividad “la bomba que se infla”, una vez conocidos los datos de los estudiantes frente al problema (en este la bomba elástica fue sujeta a la boca de un envase de vidrio y sometida al mechero durante 10 minutos) se les preguntó el por qué se inflaba la bomba. El interés investigativo de la resolución de la situación era conocer que concepciones presentaban los estudiantes frente al fenómeno y si aplicaban o no el modelo de partículas. Algunas de sus respuestas fueron las siguientes:

G1: “Porque al haber calor la bomba se infla”

G3: “Por el calor que va subiendo se infla la bomba”

Estas explicaciones pueden ser categorizadas como de carácter continuo y macroscópico pues no

hacen referencia a la estructura microscópica de la materia y se refieren más a los hechos observados en la práctica, como el calentamiento del envase de vidrio y a la producción de calor en el mismo que era lo que en palabras de los estudiantes permitía que la bomba aumentara su volumen, sin dar respuesta al cómo ni al por qué se infla la bomba.

Al indagarles por la importancia que tenía la temperatura en la práctica que acababan de hacer, algunas de las respuestas de los estudiantes fueron las siguientes:

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”

Estas respuestas expresan como los estudiantes creen que la temperatura, por sí misma, fue la que hizo posible que la bomba se inflara, evidenciando una concepción macroscópica y concreta de la materia en cuanto al fenómeno observado.

Por otra parte, al solicitar 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 explicaban la situación problema, algunas de las respuestas de los estudiantes fueron las siguientes:

*“La bomba se infla por el calor”*

*“Como el fuego produce aire, entonces se infla la bomba”*

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

En explicaciones construidas por los estudiantes como: *“la bomba se infla por el calor”*, se puede constatar cómo la explicación se da en términos macroscópicos, al atribuirle al “calor” propiedades que le permiten aumentar el volumen de la bomba. Por otra parte, la hipótesis que afirma la posibilidad de que el fuego produzca aire, también constituye una explicación en términos macroscópicos.

Es importante anotar que 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. Es decir, la estrategia heurística que debería entregar elementos para que los estudiantes construyesen explicaciones acerca de los fenómenos fundamentados en la naturaleza discontinua de la materia hasta el momento de esta indagación no se observaba eficiente. Como parte de la misma estrategia se indicó a los estudiantes que expresaran aquellas cosas que deberían conocer para resolver el problema; y para ello, se hizo caer en cuenta a los mismos que las hipótesis planteadas con anterioridad eran aún bastante imprecisas por lo que se hacía necesario replantear desde lo procedimental aquellas cosas que en verdad se requerían saber para solucionar el problema. Es así como los estudiantes, una vez realizada la observación del docente, procedieron a indicar lo siguiente:

*“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”*

Estas expresiones, aunque aún sencillas, fueron más precisas. Con ellas, tal vez, si se podría llevar a cabo una estrategia de resolución al problema. En este apartado los estudiantes se animaron a realizar sus planes de resolución. A manera de ejemplo se muestra uno de ellos.

*“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”*

En tales propuestas de resolución se expresa la palabra “aire”, cosa que no había ocurrido en las etapas iniciales. Este hecho se debe tal vez a la posibilidad que tuvieron los estudiantes de hacer analogías con problemas de carácter similar que sirvieran para dar respuesta al problema planteado, ejemplos de tales situaciones son los globos aerostáticos que emulan la problemática presentada.

Frente a la propuesta o plan elegido por los estudiantes, éstos debían hacer un balance y determinar el alcance de cada uno de sus pasos. Asumiendo esto, las respuestas dadas por los estudiantes, tomando como ejemplo el mostrado anteriormente, fueron las siguientes: frente al interés por saber de qué estaba compuesto el aire o qué elementos lo conformaban, dicho grupo indicó lo siguiente:

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

La respuesta tuvo 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 éste era un punto de partida para precisar conceptos más cercanos a la discontinuidad.

Frente al siguiente paso propuesto por el grupo, la respuesta fue la siguiente:

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

Este grupo tuvo en cuenta el concepto de moléculas para explicar el fenómeno sobre el cual se estaba trabajando. Así, en la evaluación que hicieron del paso escogido, dijeron que el aire cuando se calienta hace que las moléculas puedan esparcirse. Este tipo de argumentos pudo mostrar que los estudiantes ya estaban adoptando una explicación más cercana a la composición en términos discontinuos, cosa que hasta el momento no se había puesto a consideración en este grupo. También hay que tener presente la idea de

cinética que puede estar manifestándose allí cuando se menciona la expresión “*esparcir las moléculas*”, que puede ser interpretada como un indicio, que mostraba como los estudiantes comenzaban a creer en la factibilidad del movimiento de tales moléculas.

Finalmente, al hacer mención a la importancia de la temperatura, este grupo menciona:

*“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 puede interpretar que la comprensión acerca de la composición del aire se cons-

truye en términos discontinuos, pues se afirmaba que el aire estaba formado por moléculas que podían moverse cuando aumentaba la temperatura. Es decir, la afirmación contenía de forma implícita la noción de cinética aplicada a las moléculas. Es preciso decir que en este tipo de afirmaciones se le da a la temperatura una función diferente a la asignada al inicio de la solución de la situación problema, que indicaba que el calor y la temperatura eran las responsables de que la bomba se inflará, sin llegar a precisar las causas de lo observado.

Al final, se muestran cada uno de los resultados obtenidos por los diferentes grupos:

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

<b>REPORTE DE RESULTADOS (En el siguiente cuadro pondrán los resultados ue alcanzaron después de hacer el plan y llevarlo a cabo).</b>	
<i>Los resultados del grupo fueron los siguientes:</i>	
<i>G1:</i>	<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>
<i>G2:</i>	<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>
<i>G3:</i>	<i>“Descubrir que el aire es un gas”</i>
	<i>“Que ese gas tiene unas pequeñas partículas”</i>
	<i>“Que esas partículas permiten que la bomba se infle”</i>
<i>G4:</i>	<i>“Sabemos que el aire es una mezcla de gases”</i>
	<i>“Los gases cuando se calientan aumentan el volumen”</i>
	<i>“Cuando se calienta un gas sus moléculas aumentan el movimiento y volumen”</i>
	<i>“Cuando de enfría las moléculas se mueven más despacio”</i>

Frente a los resultados obtenidos en los grupos se puede decir, de manera general, lo siguiente:

- a. Hubo una tendencia en los grupos al asumir una idea de corte discontinuo para explicar el fenó-

meno 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.



b. En las respuestas hubo recurrencia cuando los grupos hacían mención al concepto de “moléculas”, lo que llevó a una noción más cercana a la discontinuidad de la materia. O sea, las respuestas estaban conformadas como explicaciones en el ámbito escolar de la naturaleza corpuscular.

Otro aspecto importante de los resultados es la idea de cinética. Esta idea se hizo evidente 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”*

De tales expresiones como “esparcir las moléculas”, “aumento y disminución de movimiento”, que aunque no estaban indicando tácitamente que existe la cinética molecular, puede inferirse que hacen mención a esta propiedad de las partículas, y que por ello tienen un gran valor explicativo para resolver el problema.

En la tercera actividad trabajada ¿Qué hay frente a nosotros,? una vez conocida la incógnita del problema, las condiciones y los datos que ofrecía el mismo, se pasó a indagar sobre la imposibilidad de que

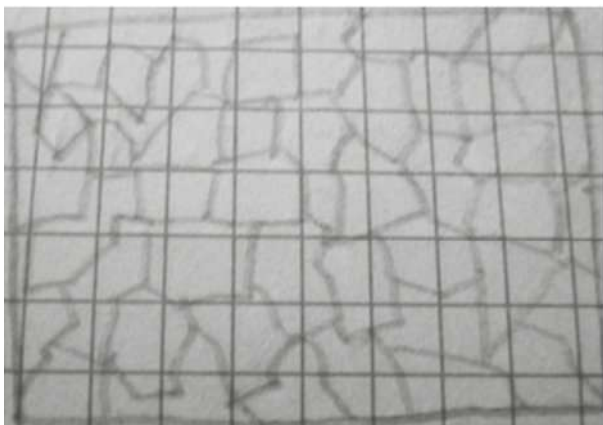


Figura 5: Estructura Grupo 3

Frente a la estructura hecha se preguntó lo siguiente: Si les dijeran que las partículas de gas del problema anterior pueden distribuirse teniendo en

algunas esferas pudieran pasar a través de la estructura. algunas de las respuestas generadas fueron las siguientes:

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

G5: *“Que la estructura era sólida”*

G3: *“Según nuestros datos algunas esferas no pasaban la estructura porque ésta era como una especie de malla o cortina.”*

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. Cuando se les preguntó sobre la posible incidencia de la ubicación de las esferas una vez fueron lanzadas sobre la estructura, los estudiantes respondieron de la siguiente manera:

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”*

Cuando se les pidió que dibujaran la apariencia probable de la estructura, mostrando los siguientes resultados

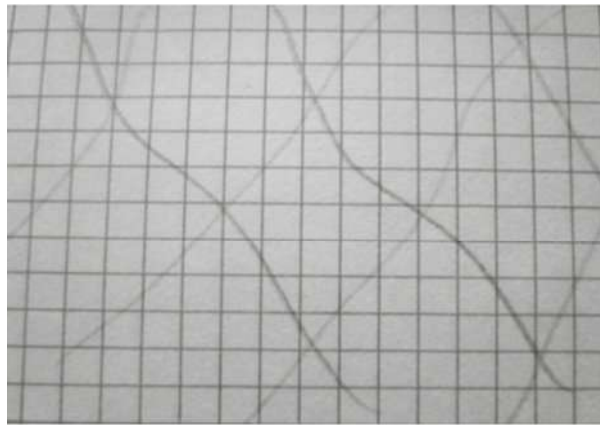


Figura 6: Estructura Grupo 4

cuenta las características de la estructura desconocida, ¿Cómo dibujarían las partículas? Los grupos realizaron los siguientes diagramas:

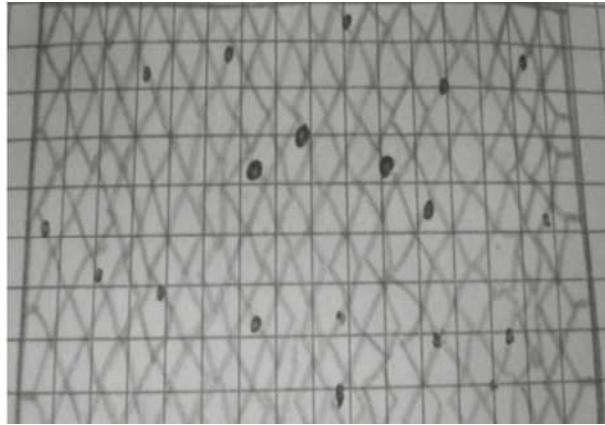


Figura 7: Estructura Grupo 3

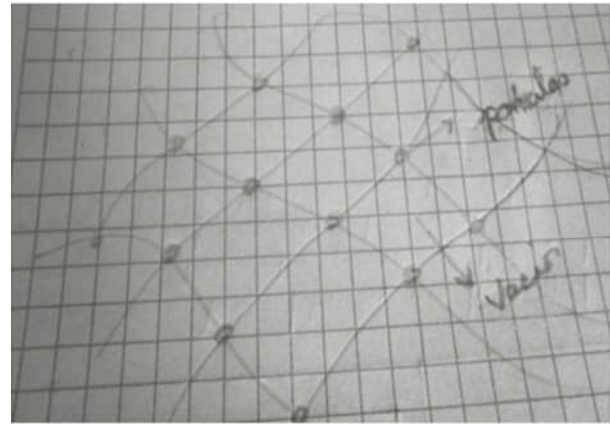


Figura 8: Estructura Grupo 4

Las imágenes mostraron dos cosas: la primera, representaron a las partículas como pequeñas esferas; distribuidas en una “red” y, la segunda, 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.

Cuando cada grupo desarrolló su esquema explicativo, se les indagó por lo siguiente: *¿Cuál es la principal característica que presenta la distribución de las partículas que han dibujado?* Los grupos indicaron expresiones como las siguientes:

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”

Estas respuestas 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, puede llegar a contribuir al entendimiento de la noción de vacío molecular propio de la teoría corpuscular en el ámbito escolar. A raíz de lo expuesto y de la disposición de las “partículas” en la “red” que ellos habían concebido, se les sugirió que dibujaran ahora las partículas que forman a un sólido y a un líquido.

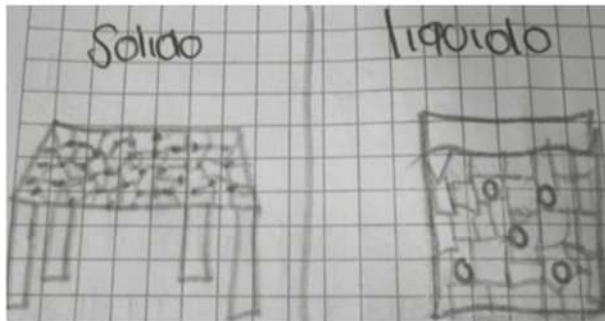


Figura 9: Representación del orden de las partículas de sólidos y líquidos Grupo 3

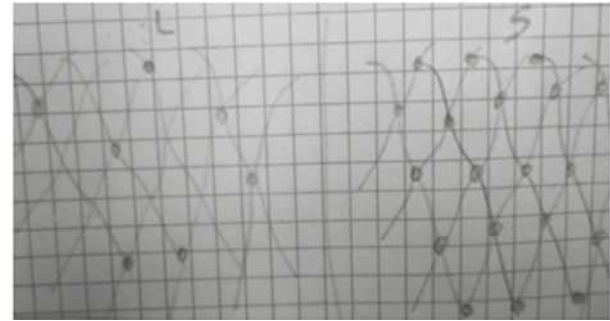


Figura 10: Representación del orden de las partículas de sólidos y líquidos Grupo 4

De acuerdo a las representaciones construidas 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 los grupos expresaron lo siguiente:

G3: *“Tienen la misma forma, porque cuando están juntas si hay espacio pero más pequeño”*

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

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

<b>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)</b>	
Los resultados del grupo fueron los siguientes:	
G1:	<p><i>“Entre cada partícula hay un vacío”</i></p> <p>“Las partículas de los gases y líquidos son más separadas que los sólidos”</p> <p>“La acomodación de las partículas hacen que unos cuerpos sean más permeables que otros”</p> <p>“Todo cuerpo contiene partículas”</p>
G2	<p>“Un gas puede ser traspasado fácilmente debido que tienen espacio entre las partículas”</p> <p>“Que las partículas están conformados por espacios, ya sean grandes o pequeños”</p> <p>“Que los líquidos se pueden traspasar ya que sus partículas son más separadas”</p> <p>“Nos dimos cuenta que un sólido no se puede traspasar debido a que los espacios entre las partículas son muy juntos y pequeños”</p>
G3:	<p>“Los líquidos, los gases y los sólidos están compuestos por diminutas partículas”</p> <p>“Las partículas de los sólidos están demasiado juntas pero guardan un espacio entre ellas”</p> <p>“Las partículas de los líquidos están un poquito más separadas y también guardan espacio entre ellas”</p> <p>“Las partículas de los gases están demasiado separadas y al igual que los líquidos y los sólidos estos guardan espacio entre ellas”</p>
G4:	<p>“Pues ahora sabemos que los líquidos y los gases se traspasan más fácil”</p> <p>“Los gases y los líquidos están compuestos por moléculas separadas”</p> <p>“Los sólidos están compuestos por moléculas juntas”</p> <p>“Sabemos que las moléculas cuando se juntan ocupan un espacio y entre ellas no hay nada un espacio vacío”</p> <p>*El grupo 5 no realizó conclusiones al respecto, debido a que no concluyeron las etapas propuestas.*</p>

En dichas apreciaciones se infiere que los grupos construyeron dos ideas importantes como parte de la teoría corpuscular de la materia en el ámbito escolar: la idea de distancia molecular y la de vacío. Las respuestas de los estudiantes 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. Al final, cada uno de los grupos elabora las conclusiones generales al trabajo desarrollado. 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.

Como fase final, y pasadas 4 semanas después de haber desarrollado la propuesta didáctica, se llevaron al aula de clase tres problemas sencillos y en contexto que debieron ser desarrollados y explicados; la idea era medir el alcance del trabajo hecho y ver si usaban o no el modelo de partículas y sus conceptos en las re-

soluciones de los ejercicios propuestos. Dicha Estrategia de explicación y contrastación fue propuesta por Gómez Crespo, Pozo & Gutiérrez (2004). Esta estrategia se basa en la diferenciación entre las explicaciones macro y microscópicas y la integración de ambas. En todos los casos era importante ver en qué medida usaban o no el modelo de partículas y que conceptos del mismo hacían parte de las explicaciones. A continuación se muestra una tabla resumen con las situaciones trabajadas y lo hallado en cada una.

**Tabla 3. Resumen final de la resolución de las situaciones trabajadas, reflejando las características de la explicación macroscópica y la explicación microscópica.**

Situación trabajada	Explicación Macroscópica	Explicación Microscópica
Disolución de tinta	<i>“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”</i>	El 27,7 % presentan dificultades explicativas El 66,5% atribuye el fenómeno a la presencia de partículas.
Compresión del aire	<i>“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 émbolo sube todo”, “Cuando tapamos el orificio de la jeringa el émbolo sube hasta un punto”</i>	El 27,7% muestra que no hay diferencias entre las ideas macro y micro. El 66,6% atribuye la situación a la composición del aire formado por partículas.
Calentamiento por fricción	<i>“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”</i>	El 33,2% da a entender atribuciones macroscópicas a las partículas El 61,1% menciona que el fenómeno se debe a la cinética de las partículas.

Algunas de las diferencias que encontraban los estudiantes frente a las explicaciones tipo macro y microscópicas fueron 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, 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 o algo particular”*

### Discusión final

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**

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, y que las formas existentes juegan un papel importante a la hora de construir explicaciones, (Liu & Lesniak, 2001).

Otros autores (Espíndola & Campaninni, 2006; Garritz, *et al.* 2005; Johnson, 1998; Renstrom *et al.* 1990) han encontrado también que la noción de materia está enmarcada en ideas relacionadas con la descripción macroscópica de los fenómenos y el dominio de la percepción (Realismo ingenuo) (Pozo & Gómez Crespo, 1998). Así mismo, dichos investigadores han identificado como muchos de los estudiantes conciben a la materia como una sustancia homogénea.

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

Esta subcategoría 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.

En los mismos términos, otros investigadores indagando acerca del mismo fenómeno, mostraron la existencia de una serie de inconsistencias alrededor del concepto (Gómez Crespo & Pozo. 2004; Garritz, *et al.*, 2005; Johnson, 1998, 2000; Lee, Eichinger, Andersson, Berkheimer & Blackslee, 1993; Renstrom, Andersson & Morton, 1990). Estos investigadores dieron a conocer como los estudiantes presentaban una serie de ideas alejadas del modelo científico escolar, ideas caracterizadas básicamente por los atributos de continuidad de las partículas discontinuas. Es decir, ideas en las que se le daba sentido macroscópico a los entes particulados y en donde las características externas de los materiales eran la base para que los estudiantes construyesen una imagen errada composicional de los mismos, siendo estos incapaces, en la mayoría de las veces, de pasar de la barrera de lo tangible.

- **Explicación macroscópica del fenómeno**

Podría decirse que este componente involucra los dos precedentes, pues los resultados mostraron cómo

los estudiantes, al dar explicaciones del comportamiento de la materia a partir de representaciones, lo hicieron usando una concepción concreta de la materia que no sobrepasa lo observable y como no le daban atributos macromoleculares a la composición 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. Esto 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. Estos resultados ratifican 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. Se evidenció, además, como los estudiantes luego de la aplicación de la estrategia ofrecían unas explicaciones e ideas cercanas al modelo corpuscular de materia en el ámbito escolar.

- **Explicación del fenómeno desde la composición**

Esta subcategoría mostró como los estudiantes utilizaban los términos partículas, átomos y moléculas para dar explicaciones acerca de la composición de la materia. Si bien se aproximan al modelo cinético molecular, ellos se encuentran en un nivel explicativo III acerca de la estructura de la materia en términos de Benarroch (2000); lo cual coincide con los hallazgos de Espíndola & Campaninni (2006), Furiò, Azcona & Guisasaola, 2000; Furiò-Más, Furiò-Gómez, 2009; Johnson (1998) y Renstrom *et al.* (1990) que han investigado acerca de los modelos conceptuales del sistema de partículas que presentan los estudiantes.

En las justificaciones que dieron los estudiantes sobre el comportamiento de la materia se pudo ver que sobrepasan la barrera de lo observable y sus respuestas se construían en términos de la estructura y no de la apariencia. Igualmente, pudo verificarse como en el periodo de post-aplicación los estudiantes en un por-

centaje cercano al 66% se ubicaban en este dominio. Es decir, luego de la aplicación de la estrategia los estudiantes explicaban los fenómenos atendiendo a la naturaleza corpuscular de la materia e indicaban que ésta estaba formada por partículas que gobernaban el comportamiento de la misma.

#### • **Explicación microscópica del fenómeno**

Las representaciones gráficas elaboradas por lo estudiantes en un alto porcentaje incluyen la presencia de partículas, aunque, las ideas de vacío y cinética molecular no se hicieron presentes en las mismas. En la etapa de post-prueba tan solo en un 27.7% de los estudiantes incluyeron 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. Estos resultados se puedan deber a que cómo la han documentado Gómez Crespo & Pozo (2000), históricamente estas ideas han sido uno de los aspectos más difíciles de aceptar en todas las edades, incluso, aún después de la instrucción.

Es igualmente interesante indicar que en el paso de una concepción continua a una discontinua se pudo hacer evidente una re-descripción de experiencias del mundo físico como también lo han reportado otros autores (Pozo & Gómez Crespo, 1998; citado por Giudice & Galagovsky, 2008). Este paso y re-descripción se pudo notar principalmente en la etapa de la post-prueba, donde los estudiantes reconocían el valor explicativo que presentaba el modelo microscópico sobre el macroscópico. Esto hace pensar de nuevo en 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**

La concepción acerca de la materia que incluye el movimiento y vacío en las partículas corresponde al IV nivel explicativo sobre la estructura de la materia en términos de Benarroch (2000). La comprensión en este nivel pudo observarse en los estudiantes cuando sobrepasaban la barrera de lo observable y además le asignaban sentido a la presencia de partículas en la materia. Para llegar a este tipo de representación los estudiantes se valieron de la resolución de problemas que sirvieran como análogo para entender las ideas de abstractas de vacío y de la cinética molecular.

Aunque los estudiantes pudieron construir la idea de vacío luego de la resolución del problema, ellos no usaban esta nueva comprensión para explicar los fenómenos que fueron presentados en la post-prueba. Solo en un 27.7% pudo aplicar la idea de vacío para formular las explicaciones solicitadas, lo cual muestra la dificultad en la comprensión de los temas relacionados con la teoría corpuscular de la materia. Además, muestra que aunque se logre reducir esta brecha conceptual, no es fácil para los estudiantes usar esta nueva comprensión en la resolución de nuevos problemas relacionados con la estructura de la materia.

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. Entender este hecho indica que los estudiantes tenían claro que los dos niveles interpretativos obedecen a modelos explicativos muy diferentes; uno de ellos basado simplemente en las apreciaciones que se tienen sobre un fenómeno haciendo uso 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 posibilitan entender las ideas en torno a la discontinuidad de la materia, y que a pesar de la no percepción de las partículas como componentes de la materia, dan cuenta de su existencia.

### **Conclusiones**

- Los estudiantes lograron construir conceptualizaciones más rigurosas en cuanto a 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 y no de la apariencia externa de los fenómenos, y la utilización de las ideas de cinética y de vacío entre las partículas.
- Se hizo evidente que concepciones como el vacío molecular son difíciles de comprender y utilizar

por parte de los estudiantes, aún luego de haberlas estudiado.

- Al considerar a la naturaleza corpuscular de la materia un objeto de enseñanza, es necesario trabajarlo en el aula con el uso de estrategias y metodologías participativas para que las conceptualizaciones lleguen a ser un constructo entre pares y no una entrega acabada por parte del docente.
- Frente al aprendizaje es necesario decir que el juego de roles en el marco de una estrategia de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales basada en la resolución de problemas, facilita la toma de decisiones, la puesta en común de ideas y el aprendizaje auto dirigido.

## Referencias

- 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)
- BARROWS H. S. (1986) A Taxonomy of problem based 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- FURIÓ, C. & FURIÓ, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*. 11, (3), pp. 300-308.

GABEL, D.L, SAMUEL, K.V. & HUNN, D. (1987) Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*. 64, pp. 695 – 697.

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.; MARTINEZ-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.

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.

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.

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.

JOHNSON, P. J. (1998). Progression in children's understanding of a "basic" particle theory: A longitudinal study. *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.

KRNEI, 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.

MERRIAM, S. (1988). *Case study research in education. A qualitative approach*. Jossey-Bass: San Francisco.

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.
- 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.
- 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.
- 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.
- SONMEZ, D. & LEE, H. (2003). Problem-Based Learning in Science. ERIC Clearing house for Science, *Mathematics, and Environmental Education*, Columbus, OH.
- 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.
- TALANQUER, V. (2006). Commonsense Chemistry: A Model for Understanding Students' Alternative Conceptions. *Journal of Chemical Education*. 85 (5), pp. 811-816.
- 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.
- 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.



FACULTAD DE EDUCACIÓN

Artículo recibido 05–10–2014. Aprobado: 5–11–2014