



# Universidad del Valle

USO DE LAS MÚLTIPLES REPRESENTACIONES EXTERNAS (MRE) DESDE EL  
PENSAMIENTO MULTINIVEL Y LA SEMIÓTICA SOCIAL PARA FAVORECER LA  
COMPRENSIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS GASES

BLANCA LORENA NIÑO-VALENCIA

Universidad del Valle

Instituto de Educación y Pedagogía

Maestría en Educación Énfasis en Enseñanza de las Ciencias

Santiago de Cali

2020

USO DE LAS MÚLTIPLES REPRESENTACIONES EXTERNAS (MRE) DESDE EL  
PENSAMIENTO MULTINIVEL Y LA SEMIÓTICA SOCIAL PARA FAVORECER LA  
COMPRENSIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LOS GASES

BLANCA LORENA NIÑO -VALENCIA

Tesis o trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Educación con Énfasis en Enseñanza de las Ciencias**

Director:

Edwin Germán García Arteaga MSc. PhD.

Universidad del Valle

Instituto de Educación y Pedagogía

Maestría en Educación con Énfasis en Enseñanza de las Ciencias

Santiago de Cali

2020

## **Dedicatoria**

A Dios por su bendición y  
protección a lo largo de mi existencia y  
a las personas más apreciadas en mi vida:  
mi esposo, mi hijo, mis padres, mis  
hermanas y hermano.

Los amo de forma  
inconmensurable.

## **Agradecimientos**

A mi esposo, Diego Sarria porque con su cariño y apoyo he logrado alcanzar este y muchos otros objetivos.

A mis padres, Marlon y Ceneida, a mis hermanas Claudia y Paola y a mi hermano Marlon A. porque siempre me han amado, acompañado, alentado y apoyado.

A mi hijo, Gabriel Sarria por ser el motor y lo mejor que me ha pasado en la vida.

A mis compañeros de maestría, siempre dispuestos a escuchar y construir.

A mi tutor Edwin Germán García y a mis profesores de Maestría quienes aportaron sus valiosos conocimientos y de quienes aprendí mucho, en particular, al profesor Andrés, al profe Viáfara, al profe Nelson, la profe Miyer y en especial al profesor Boris quien representa todo lo que como maestra y profesional algún día espero llegar a ser.

A la Institución Educativa Alfredo Posada Correa en cabeza de la Rectora Marula Burgos y a los coordinadores Rodolfo Paredes y Harold García, por todo el apoyo que me brindaron a lo largo de mi proceso.

Al proyecto FAN de la Gobernación del Valle del Cauca por la financiación económica de mi proyecto educativo.

A mis estudiantes y a todos aquellos cuyo aporte hizo posible el desarrollo de este trabajo.

## Resumen

Numerosos estudios consideran que el carácter abstracto de las ciencias es uno de los obstáculos que dificultan su aprendizaje. Así, la falta de integración y diferenciación en el aula de los distintos recursos semióticos empleados por la comunidad científica para el desarrollo del conocimiento agudiza dicha dificultad. En particular, se considera esencial involucrar el pensamiento multinivel conformado por los tres niveles de representación propuestos por Johnstone (1982). Adicionalmente, si no se reconocen los modelos mentales de los estudiantes y no se brinda la oportunidad de que éstos sean expresados y tomados en cuenta en el aula se dificulta la posibilidad de identificar su origen impidiendo determinar las estrategias apropiadas para su reestructuración.

Con el fin de aportar evidencia empírica que ayude a superar esta situación, el presente estudio propone el diseño e implementación de una propuesta pedagógica que se desarrolló en un ambiente 100% virtual en atención a la pandemia COVID 19 y que pretende mostrar cómo se favorece la comprensión de un fenómeno de la química a partir del uso de las Múltiples Representaciones Externas desde el pensamiento multinivel y la semiótica social. Para esto se emplea una metodología cualitativa, descriptiva e interpretativa donde los datos recolectados por medio de fuentes documentales como la observación participante, el registro de audio y video de las clases y los trabajos de los estudiantes, fueron analizados a través de la teoría fundamentada usando el software ATLAS.ti V8.

Así, surgió una teoría de orden naturalístico que sostiene que el uso de las MRE desde el pensamiento multinivel y la semiótica social favorecen la comprensión sobre el comportamiento de los gases. Esto sucede cuando se diferencian e integran de manera consciente los tres niveles de representación de la química promoviendo que el estudiante exprese su conocimiento y comprensión usando MRE. De igual forma ocurre al considerar el aula de clase como una comunidad de aprendizaje donde se establezca un lenguaje común y se promueva la interacción y la transacción de significados y formas de significar.

*Palabras clave:* enseñanza de la química, comportamiento de los gases, niveles de representación, semiótica social, múltiples representaciones externas.

## Abstract

Numerous studies consider the abstract nature of the sciences to be one of the obstacles that hinder their learning. Thus, not integrating and differentiating the various semiotic resources used by the scientific community for the development of knowledge exacerbates this difficulty. It is considered essential to involve multilevel thinking through the three levels of representation proposed by Johnstone (1982). Additionally, if the students' mental models are not recognized and the opportunity is not provided for them to be expressed in the classroom, the possibility of identifying their origin is difficult. In the end, it can prevent the determination of appropriate strategies for their restructuring.

This study provides empirical evidence to help overcome this situation. It proposes the design and implementation of a pedagogical proposal that is 100% virtual given the COVID 19 pandemic. The goal here is to show how the understanding of a phenomenon of chemistry changes with the introduction of multiple external representations, from multilevel thinking and social semiotics. For this, a qualitative, descriptive and interpretive methodology is used. The data is collected through documentary sources such as audio and video record of classes and student's homework, among others. Then, this data is analyzed through grounded theory using the ATLAS ti V8 software.

From this process arises a theory of naturalistic order that argues that the use of MERs from multilevel thinking and social semiotics favor the understanding of the behavior of gases. This happens when the three levels of representation of chemistry are differentiated and consciously integrated, promoting the student's expression of their knowledge and understanding using MER. The same occurs when considering the classroom as a learning community where a common language is established. Also, there is promoted the interaction and transaction of ways of meanings.

*Keywords:* teaching chemistry, gas behavior, levels of representation, social semiotics, multiple external representations.

## Tabla de contenido

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen.....                                                                                       | v  |
| Abstract.....                                                                                      | vi |
| Introducción.....                                                                                  | 11 |
| Capítulo 1 Delimitación del Problema.....                                                          | 15 |
| Antecedentes.....                                                                                  | 15 |
| Planteamiento del problema.....                                                                    | 21 |
| Justificación.....                                                                                 | 26 |
| Objetivos.....                                                                                     | 30 |
| Objetivo General.....                                                                              | 30 |
| Objetivos Específicos.....                                                                         | 30 |
| Capítulo 2 Marco Teórico.....                                                                      | 31 |
| Las Representaciones.....                                                                          | 31 |
| Representaciones internas o mentales.....                                                          | 35 |
| Representaciones externas o semióticas.....                                                        | 37 |
| Los niveles de representación usados en la enseñanza de la química: el pensamiento multinivel..... | 40 |
| La semiótica social.....                                                                           | 45 |
| Compresión desde la perspectiva del pensamiento multinivel.....                                    | 47 |
| La teoría cinética molecular.....                                                                  | 50 |
| Capítulo 3 Diseño metodológico de la investigación.....                                            | 58 |

|                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fases de la Investigación. ....                                                                                                                                                                                       | 58 |
| La planeación e implementación de actividades de aprendizaje a través del<br>instrumento metodológico de la CoRe.....                                                                                                 | 59 |
| Fase de documentación de las acciones y razonamientos durante las interacciones<br>estudiante- estudiante y estudiante - profesor.....                                                                                | 64 |
| Fase de análisis y ordenamiento conceptual de la información.....                                                                                                                                                     | 66 |
| Capítulo 4 Organización y análisis de datos .....                                                                                                                                                                     | 67 |
| Análisis para la planeación de actividades basadas en MRE para representar el<br>comportamiento de los gases .....                                                                                                    | 67 |
| Análisis de datos cualitativos para el desarrollo de las generalizaciones<br>naturalísticas que apoyan la teorización .....                                                                                           | 69 |
| Capítulo 5 Resultados .....                                                                                                                                                                                           | 84 |
| Resultados de la fase de planeación e implementación de las actividades de<br>aprendizaje. ....                                                                                                                       | 84 |
| Resultados de la fase de documentación de las acciones y razonamientos durante<br>las interacciones estudiante – estudiante y estudiante - profesor: generalizaciones<br>naturalísticas .....                         | 87 |
| El aula de química como una comunidad de aprendizaje en la que se promueve y<br>desarrolla el uso de MRE para representar la comprensión del comportamiento de los<br>gases (perspectiva de la semiótica social)..... | 87 |
| El uso de las MRE desde la perspectiva del pensamiento multinivel en la que se<br>diferencian e integran los tres niveles de representación de la química. ....                                                       | 93 |

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| El uso de MRE para representar la comprensión del comportamiento de los gases<br>puede ser obstaculizado por dificultades y limitaciones generales y específicas de cada<br>estudiante ..... | 104 |
| Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones .....                                                                                                                                              | 118 |
| Capítulo 7 Anexos.....                                                                                                                                                                       | 124 |
| Capítulo 8 Referencias Bibliográficas .....                                                                                                                                                  | 142 |

### **Tabla de Figuras**

|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 1.</b> Los tres niveles de representación en las ciencias físicas.....                                                | 41  |
| <b>Figura 2.</b> Esquema del modelo de procesamiento de información. ....                                                       | 43  |
| <b>Figura 3</b> Identificación de la categoría medular.....                                                                     | 73  |
| <b>Figura 4</b> Red de relaciones de la categoría: Aula como comunidad de aprendizaje.....                                      | 76  |
| <b>Figura 5</b> Red de vínculos de la categoría: Uso del pensamiento multinivel. ....                                           | 78  |
| <b>Figura 6</b> Red que conforma la categoría: limitaciones y dificultades .....                                                | 81  |
| <b>Figura 7</b> Red de la categoría medular: Uso de MRE para representar la comprensión del comportamiento de<br>los gases..... | 83  |
| <b>Figura 8</b> Clase de classroom.....                                                                                         | 86  |
| <b>Figura 9</b> Nivel de representación consensuado para formular el lenguaje común. ....                                       | 91  |
| <b>Figura 10</b> Uso del nivel simbólico.....                                                                                   | 97  |
| <b>Figura 11</b> Uso de la simulación para representar la difusión.....                                                         | 100 |
| <b>Figura 12</b> Uso del simulador para representar el funcionamiento de un globo aerostático .....                             | 104 |
| <b>Figura 13</b> Representación simbólica de un modelo mental alternativo .....                                                 | 106 |
| <b>Figura 14</b> Uso de modelo sintético.....                                                                                   | 108 |
| <b>Figura 15</b> Dificultades de codificación-decodificación de representaciones.....                                           | 114 |
| <b>Figura 16</b> Dificultad en el uso del nivel submicroscópico.....                                                            | 117 |

## Tabla de Tablas

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> Lenguaje multirepresentacional para la comprensión del comportamiento de los gases. ....  | 55 |
| <b>Tabla 2</b> Estructura del instrumento de la CoRe adaptado al constructo CTPC por Candela (2017)..... | 60 |
| <b>Tabla 3</b> Criterios empleados para el análisis de información. ....                                 | 68 |
| <b>Tabla 4</b> Categorías, subcategorías y códigos.....                                                  | 72 |
| <b>Tabla 5</b> Generalizaciones naturalísticas.....                                                      | 73 |
| <b>Tabla 6</b> Enlaces a las actividades (formularios de google) .....                                   | 85 |

## Tabla de Anexos

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Anexo 1</b> Planeación de las actividades de aprendizaje (CoRe )..... | 124 |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|

## Introducción

En la actualidad se considera que uno de los objetivos de la educación en ciencias parte de una cultura científica o una ciencia para todos (Acevedo et al., 2003; Candela, 2018; Lemke, 2006). Lo anterior implica dejar de verla como un cúmulo de conocimientos, llena de verdades universales y finalizada (Rache et al., 2009) y dar paso a una nueva visión. Bajo este desafío, se deben conocer y comprender los principios científicos, además de establecer vínculos entre las formas en las que se desarrolla el conocimiento científico y las diferentes prácticas en el aula de clase. Todo esto, con el fin de promover la elaboración de opiniones, creencias y concepciones informadas, además de la capacidad de escoger la forma más apropiada de comunicar estas ideas (Acevedo et al., 2003).

Con el fin de orientar la integración de las habilidades lingüísticas como un elemento constitutivo del currículo de las ciencias, Lemke (1990) formuló una nueva perspectiva denominada semiótica social. Esta propone que el proceso de construcción de significados y formas de significar dentro de una comunidad de aprendizaje requiere el uso de recursos culturales como las palabras, las imágenes, los símbolos y las acciones, que se integran de manera multiplicativa logrando así una mejor comprensión de los fenómenos.

En este sentido, desde la semiótica social se considera que los conceptos pueden ser representados a partir de diferentes sistemas de signos. Así, el significado de un concepto científico es el resultado de la integración sinérgica de distintos recursos semióticos. Por tanto, el estudiante tiene la oportunidad de estructurar un discurso verbal y escrito, una representación visual y sistemas de razonamiento lógico matemático además de la construcción operacional de significados y acciones a partir de los cuales pueda expresar su comprensión (Candela, 2018).

Adicionalmente, al considerar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química no se puede obviar el papel que juega el pensamiento multinivel. Así, el uso que se haga de las representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas como Múltiples

Representaciones Externas ó MRE (como se denominan en adelante) propias de la ciencia y ampliamente utilizadas en la química pueden ser un obstáculo para la comprensión o facilitar su proceso de aprendizaje (Johnstone, 1982). A este respecto se considera, que muchos maestros hacen uso inconsciente de estos niveles es decir no los hacen evidentes a los estudiantes al pasar de uno a otro sin explicitar las ventajas que cada nivel ofrece a la hora de comprender un fenómeno natural.

En esta medida, la urgente necesidad de aportar al mejoramiento de las prácticas educativas en el campo de la enseñanza de las ciencias y específicamente en lo relacionado con el uso de las MRE en el campo de la química es una de las ideas de las cuales surgió esta propuesta. Así, el presente estudio busca determinar cómo el uso de MRE desde la perspectiva del pensamiento multinivel y la semiótica social pueden favorecer la comprensión de un fenómeno de la ciencia, para este caso, lo relacionado con el comportamiento de los gases. Para esto se realizó un proceso de planeación e implementación de actividades de aprendizaje que vincularan los niveles de representación de la química (pensamiento multinivel), como lenguaje propio de esta ciencia, a través de la transacción de significados y formas de significar para establecer un lenguaje común en el aula considerándola una comunidad de aprendizaje (semiótica social).

Esto se llevó a cabo a través de un estudio cualitativo, descriptivo e interpretativo que utilizó diversas fuentes documentales como la observación participante, el registro de audio y video y los trabajos escritos de los estudiantes. Se empleó la teoría fundamentada para el análisis de la información recogida, usando el software ATLAS.ti V8. Como resultado de este proceso surgió una teoría de carácter naturalístico que permitió dar respuesta al interrogante de investigación. Así mismo, responde a los objetivos específicos planteados que fueron planear e implementar las actividades de aprendizaje desde las perspectivas mencionadas, documentar

las acciones y razonamientos entre estudiante-estudiante y estudiante-profesor y describir cómo el uso de las MRE favorece la comprensión.

Se concluye que, la comprensión se ve favorecida cuando el aula de clase se considera como una comunidad de aprendizaje donde se promueve la interacción dialógica y la reestructuración de las ideas que surge como una necesidad del estudiante producto de la reflexión individual y colectiva en un ambiente de confianza, respeto y seguridad. Así mismo, cuando en esta comunidad se establece un lenguaje común que reconoce, diferencia e integra tanto el lenguaje común como el lenguaje científico representado en el uso del pensamiento multinivel propuesto por Johnstone (1982). Además, si se emplean y valoran las distintas formas de representar la comprensión a través del uso de MRE que pueden ser no sólo el lenguaje oral y escrito sino también los dibujos, esquemas, simulaciones y situaciones experimentales. Se valora la potencia de la CoRe como herramienta de planeación y el uso de la estrategia POE (Predecir, Observar y Explicar) para valorar las distintas formas en las que un estudiante expresa su comprensión.

De esta manera, el presente informe se estructuró en cinco apartados que se describen a continuación:

En el capítulo 1, se delimitan los elementos del problema donde se incluyen los antecedentes, el problema de investigación y la justificación. A partir de lo anterior se configura la pregunta de investigación y se determinan los objetivos que orientan el presente estudio.

El capítulo 2 desarrolla los elementos que constituyen el marco conceptual como son la definición del concepto representación y los tipos de representación: interna y externa. Además, se menciona el pensamiento multinivel como una forma de representación exclusiva de la ciencia y de amplia utilidad en la enseñanza de la química; la concepción del término comprensión desde esta perspectiva además de la presentación de la teoría cinético molecular y las ideas desde las cuales se enseñó.

En el capítulo 3, se dispuso la metodología a utilizar, las fases en las que se desarrolló la indagación, así como una descripción del grupo seleccionado, las fuentes documentales empleadas y el tipo de análisis a realizar.

En el capítulo 4 se desarrolla la fase de análisis tanto para la planeación e implementación como para la información obtenida de las fuentes documentales. Este capítulo incluye los códigos y las redes de las categorías que confluyen en la categoría medular que dio origen a la teoría naturalística.

El capítulo 5 muestra los resultados del análisis llevado a cabo y la presentación de la teoría a partir del desarrollo de las tres generalizaciones naturalísticas que son: el aula de química como comunidad de aprendizaje en la que se promueve y desarrolla el uso de MRE para representar la comprensión del comportamiento de los gases (perspectiva de la semiótica social); El uso de MRE desde la perspectiva del pensamiento multinivel en la que se diferencian e integran los tres niveles de representación de la química. Y las dificultades y limitaciones de cada estudiante que se relacionan y obstaculizan el uso de las MRE para representar la comprensión del comportamiento de los gases.

Por último, en el capítulo 6 se encuentran las conclusiones, recomendaciones y perspectivas de esta investigación.

## **Capítulo 1 Delimitación del Problema**

En este capítulo se presentan los elementos que configuran el problema y la importancia o justificación del estudio; a partir de esto se plantea la pregunta problema, así como los objetivos que se desean alcanzar.

### **Antecedentes**

A continuación, se presentarán los aportes más importantes de una serie de estudios relacionados con el problema de investigación que permiten determinar el estado del arte, ayudan a delimitarlo y dan orientaciones de tipo pedagógico, metodológico y conceptual. Se consideran estudios que tratan el tema del uso de representaciones en la enseñanza de las ciencias naturales, aquellas investigaciones que involucran los tres niveles de representación en la enseñanza de la química y trabajos relacionados con la enseñanza de la química de los gases para conocer las perspectivas desde las cuales se está trabajando este tópico.

Diversas investigaciones en las distintas ciencias han recurrido al uso de la teoría de las representaciones, por ejemplo, Bonilla & Romero-Acosta (2018) buscaron determinar la incidencia de una secuencia didáctica basada en Múltiples Representaciones para fortalecer la argumentación en estudiantes entre los 14 y 15 años. Mientras que, Ospina (2012) en su tesis de maestría puntualizó su estudio en discernir sobre las labores cognitivas del proceso y la evolución sobre las representaciones semióticas que realizan los alumnos cuando intentan dar respuesta a contextos propios de un concepto. Por último, Lombardi & Concesa-Caballero (2012), en su estudio exploratorio muestran el razonamiento sobre los contenidos de las respuestas ofrecidas por estudiantes en una encuesta, frente a la información que se presentó como una representación lingüística acompañada de Diagramas esquemáticos (De). Estos últimos son un tipo de representación pictórica que suscita la recuperación de información a nivel macroscópico y permite constituir una relación con un hecho experimental. Manifestar de manera correcta a la actividad diseñada envuelve un aprendizaje de proposiciones en el que

los distintos signos deben combinarse de manera que el conjunto permite construir un significado compuesto que hace posible la descripción del referente utilizando nuevos conceptos. Los resultados preliminares muestran las problemáticas de los alumnos para tener aprendizaje significativo pues no consiguen detallar al referente en términos de nociones, sino que prevalece un discurso descriptivo atendiendo a particularidades superficiales del De lo que no les permite establecer conexiones claves con la teoría lo cual dificulta resolver con éxito las tareas propuestas.

A partir de lo expuesto por este grupo de autores, se identificaron posibles oportunidades, dificultades y necesidades que se pueden presentar en los estudiantes a la hora de trabajar con diferentes recursos semióticos, aporte importante para tener en cuenta en la planeación de las actividades de aprendizaje y las posibles estrategias de enseñanza a proyectar para ayudar a los estudiantes a superar dificultades.

En el estudio de Lombardi (2009), se realizó una reflexión acerca del análisis de los sistemas de representaciones externas usadas para construir el lenguaje dentro de un área disciplinar. Esto permitió reconocer, desde la perspectiva semiótica, las prácticas dentro de los salones de clase. Este trabajo presentó como foco central un análisis de las representaciones pictóricas, las cuales establecen un componente importante en la construcción del discurso científico. Aquí se pudieron identificar tres tipos de representaciones pictóricas de extenso uso en el lenguaje científico: los gráficos cartesianos, las tablas y los diagramas de estructura. Para lograr esto realizaron una investigación documental, igualmente observaron las destrezas que los alumnos tienen para leer un tipo específico de representaciones pictóricas, para lo cual consideraron las respuestas de dos grupos distintos de alumnos preuniversitarios, resaltando una pregunta en la que un componente significativo de la información estaba dado en forma gráfica. Así pudieron evidenciar las dificultades de los alumnos para emplear y comprender los conocimientos expresados por la comunidad de químicos a través de este tipo de

representaciones. Estos resultados ratificaron la necesidad de alfabetizar en cuanto al uso de las representaciones, proceso que no debiera ser estimado como trivial. Lo que permitió valorar la necesidad de vincular el uso de las representaciones externas con el lenguaje al aula a partir de las dificultades que los estudiantes pudieran presentar al exponer su comprensión sobre un fenómeno de la ciencia.

En cuanto al uso específico de los tres niveles de representación en la enseñanza de la química, la tesis de Maestría de Callone (2015), corresponde a un estudio mixto que compara la enseñanza del tema ácido-base en dos grupos de estudiantes que iniciaban sus estudios universitarios; uno que recibe la enseñanza tradicional y otro que emplea un método de enseñanza que tiene como propósito vincular el aspecto macroscópico con el submicroscópico de la materia, junto con la utilización de las representaciones semióticas de diversos tipos como lo son las representaciones expresadas en lenguaje natural o verbal, representaciones gráficas y las simbólicas propias del lenguaje específico de la química. Todo esto predestinado evaluar si esta propuesta pedagógica y didáctica mejoraría la comprensión, teniendo en cuenta las concepciones alternativas diagnosticadas en los alumnos y las reconocidas por estudios previos en una actividad reflexiva y metacognitiva. Para esta finalidad, antes y después de impartir la enseñanza se emplearon 4 herramientas valorativas: una encuesta y un test de prerrequisitos usados para la organización del número y características de los estudiantes de cada grupo, un pre test que identificó las concepciones alternativas y un post test que evaluó el nivel de comprensión alcanzado y errores cometidos por los estudiantes durante la secuencia didáctica.

Los resultados de estas pruebas comprueban que, el grupo experimental que recibió la metodología de enseñanza propuesta, alcanzaron un mayor nivel de comprensión, disminuyeron el número de errores provenientes de sus concepciones alternativas al evidenciar un mayor uso de modelos mentales similares a los enseñados. Por tanto, este antecedente le aportó a la presente investigación evidencia empírica de la utilidad de vincular las MRE a partir

del uso de los tres niveles de representación de Johnstone (1982) para favorecer la comprensión sobre un fenómeno de la ciencia. Así mismo, dio orientaciones de tipo teórico y de diseño metodológico a fin de valorar los modelos mentales de los estudiantes como parte inicial de cualquier proceso de enseñanza y vislumbrar una forma de analizar las limitaciones identificadas en los estudiantes a partir del uso de diferentes recursos semióticos y la vinculación de los aspectos macroscópico y submicroscópico de la química.

Finalmente, se presentan algunas perspectivas desde las cuales se imparte la enseñanza de la teoría cinética molecular de los gases. Un primer estudio para mencionar es el de Furió & Hernández (1983) quienes realizaron una indagación sobre la metodología más adecuada para que los alumnos consigan un aprendizaje significativo. De manera específica, cómo se podría enseñar de forma más fácil la teoría atómico-molecular, a través del estudio de los gases. Los investigadores ponen a prueba una hipótesis inicial que buscó valorar si los estudiantes tienen una idea sustancial de los gases y analizar el modelo de gas asimilado, el modelo atomista o el aristotélico. Sin embargo, consideraron que presentar una idea casi-inmaterial de los gases no implica que no contengan aspectos del modelo cinético que corresponden a una visión científica actual de los gases.

Para obtener la información, involucraron estudiantes con edades entre los 10 a 15 años, que habían recibido o no enseñanza sobre los gases. Aplican un total de 6 preguntas de selección múltiple, algunas de estas emplearon representaciones relativas a lo submicroscópico. Los resultados encontrados permitieron concluir que la mayor parte de los alumnos que inician los estudios de la Química en la enseñanza media tienen asumidas ideas divergentes sobre los gases. Según esto, aunque conservan raíces aristotélico-escolásticas en la concepción del gas como materia, tienen asimilados aspectos del modelo cinético actual de los gases, pero también aparecen ideas estáticas sobre las partículas gaseosas.

Este estudio es importante para la presente investigación en la medida en que permitió orientar perspectivas para determinar qué tipo de preguntas podrían valorar si el modelo cinético molecular fue apropiado por los estudiantes; así mismo poder identificar qué tipo de MRE favorecerían la representación de este modelo para poder proyectar estrategias pedagógicas orientadas a desarrollarlo. Igualmente, representó una guía para la interpretación de las respuestas de los estudiantes en el momento de aplicación donde se valoran los conocimientos obtenidos y las ideas alternativas persistentes a pesar de la instrucción. Aunque se aclara que el presente estudio sólo se encargará de obtener de parte de los mismos estudiantes una claridad respecto a la razón de sus respuestas.

Por su parte, Martínez (2016), realiza un estudio de tipo cuantitativo en el cual valoró la efectividad del diseño e implementación de una estrategia para la enseñanza de la teoría cinético molecular de los gases bajo el modelo del aprendizaje activo que se aplicó a unos estudiantes de grado octavo de una institución educativa oficial. La intervención radicó en la construcción de modelos, la integración de un simulador al proceso de la clase, exposiciones y extrapolaciones, todo bajo la metodología del aprendizaje activo. Para este autor, la comprensión de la estructura de la materia es un núcleo temático de gran importancia para el perfeccionamiento de los contenidos de la educación básica secundaria, ya que permite a los estudiantes interpretar los fenómenos macroscópicos en términos submicroscópicos, es decir, que hagan uso del modelo corpuscular de la materia como un medio para comprender y explicar los distintos fenómenos que tienen lugar en la naturaleza. El autor concluye que, los estudiantes presentan inicialmente una concepción estática y continua de la materia; que la intervención fue efectiva puesto que el uso de analogías, simuladores y el aprendizaje activo facilitaron la comprensión de los aspectos abstractos propios de la teoría cinético molecular, evidenciado en el análisis de los resultados del post test.

Este estudio le aporta a la presente investigación evidencias empíricas para el planteamiento de estrategias que favorezcan la comprensión desde un punto de vista cualitativo por encima de la mecanización de fórmulas y la memorización en una indagación orientada a la enseñanza de la teoría cinético molecular. Así mismo, apoya la idea de dar prioridad a lo submicroscópico como medio para comprender lo macroscópico y la utilidad de la perspectiva de los tres niveles de representación propuestos por Johnstone (1982). Igualmente, da orientaciones pedagógicas, metodológicas y de marco conceptual para la elaboración de las actividades y la formulación de las preguntas de desarrollo y valoración de la estrategia.

En el estudio realizado por Gallardo & Torres (2017), se presenta el diseño de un material de enseñanza sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso, caracterizado por presentar coherencia intracurricular con el fin de que los alumnos alcanzaran la comprensión conceptual de los tópicos del currículo de las ciencias. Para ello, utilizaron de manera reflexiva y progresiva la Representación del Contenido (ReCo o CoRe siglas en español e inglés respectivamente) como instrumento metodológico, ya que este les ofreció la potencialidad de diseñar, realizar y valorar ambientes de aprendizaje y su materialización en un formato digital, completando así el proceso de diseño. A manera de conclusión, se reconoce el potencial de dicho instrumento para ofrecer una posibilidad de vencer la brecha existente entre la práctica del diseño y la investigación educativa. A partir de esta investigación se apoyó la idea de la potencialidad del empleo de la CoRe para la planeación de las actividades de aprendizaje.

Finalmente, se debe considerar que la teoría de las representaciones semióticas es de gran importancia para la indagación en ciencias. Particularmente, en la investigación de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la química, esto se debe a la existencia de gran variedad de nociones químicas que presentan más de una representación. Además, numerosos estudios apoyan la idea de la utilidad del uso de los tres niveles de representación de la química

propuestos por Johnstone (1982). Igualmente, las potencialidades pedagógicas que ofrece el reconocimiento de los modelos mentales de los estudiantes que permiten identificar la evolución, apropiación y aplicación de la comprensión de los estudiantes apoyados en el empleo de estrategias pedagógicas que propendan por el uso de Múltiples Representaciones Externas (MRE).

### **Planteamiento del problema**

A continuación, se presenta una breve descripción de los elementos que configuran el problema que se enmarca en el campo de la educación en ciencia específicamente de la química para lo cual se tiene en cuenta tres factores fundamentales: el primero, la ciencia en sí misma; el segundo factor es el rol del maestro atendiendo a la necesidad de integrar la semiótica social al aula de ciencia y en tercer lugar, las limitaciones y dificultades que presentan los estudiantes en torno al uso de MRE y en especial en lo relacionado con el pensamiento multinivel. Es decir, la importancia de diferenciar e integrar los tres niveles de representación (macro, submicro y simbólico) propuestos por Johnstone (1982).

De esta manera, se considera la relevancia de la actividad experimental y algunas dificultades relacionadas, se apoya la idea de vincular el lenguaje al aula de ciencia de manera sinérgica y se presentan algunas consideraciones que, desde la semiótica social, permiten esclarecer la importancia de establecer dicho vínculo. Por tanto, se integran los problemas planteados por la naturaleza abstracta de la ciencia con aquellos que surgen de su lenguaje propio, de donde se desprenden las problemáticas referidas al uso de las MRE por parte de los maestros y estudiantes en especial a los niveles de representación propuestos por Johnstone (1982) para finalmente desarrollar las dificultades y limitaciones que, a este respecto, se han generado en torno a la comprensión del comportamiento de los gases y así configurar la pregunta de investigación.

Así pues, las tendencias históricas en la educación en ciencia han llevado a una visión errada de que el aprendizaje abstracto es más noble y efectivo que el práctico y concreto (Lemke, 2006). Esto ocurre cuando en las clases de ciencia los problemas, las respuestas y explicaciones se buscan en los textos escolares o en el profesor más que en el resultado del diseño experimental o en las situaciones problemáticas de la vida cotidiana de los estudiantes. Así, al darles poca oportunidad de conocer y aplicar los procesos a través de los cuales se produce el conocimiento científico, se promueve el aprendizaje memorístico y a corto plazo además de la construcción de comprensiones superficiales, débiles e incluso erróneas sobre las ideas científicas (Gellón et al., 2018).

Por lo tanto, una clara problemática relacionada con los procesos de comprensión por parte de los estudiantes se deriva cuando el docente realiza actividades que sólo logran la transmisión del conocimiento, en un afán por cumplir con el currículo establecido, donde las prácticas experimentales se desarrollen desde una óptica sesgada que promueva la realización de experimentos de forma mecánica haciendo énfasis en la simple demostración de las teorías científicas y repitiendo recetas que sólo familiarizan a los estudiantes con los aparatos y los procedimientos (Gellón, Rosenvasser, Furman, & Golombek, 2018; Restrepo, Guzmán, & Romero, 2013; Giraldo, 2014; Lopera, Cardona, & García, 2017). De igual manera, si durante el descubrimiento espontáneo los estudiantes no tienen la posibilidad de comprender la problemática, las ideas que la justifican y de que esta represente algo importante para él, no será capaz de darle un sentido epistemológico a las actividades que realiza y no podrá construir conocimiento (Porlán, 1999).

Por último, el lenguaje empleado por la ciencia para producir, describir, explicar y comunicar sus productos y procesos, también es un factor que puede ser obstáculo para la comprensión de los fenómenos (Candela, 2018). Esto se debe a que es muy difícil aprender una ciencia sin conocer el lenguaje en que esta se expresa y sin la interpretación correcta de su

discurso en la medida que el lenguaje sea una parte constitutiva de esta (Gutiérrez, 2005). Se puede afirmar que, la brecha existente entre el lenguaje común empleado por los estudiantes y el lenguaje científico usado por la ciencia produce ciertas deformaciones y disensos que dificultan la comunicación en el aula de clase (Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001). En este sentido, se advierte la necesidad de darle la oportunidad al estudiante de expresarse dentro de un contexto de negociación de significados y formas de significar; objetivo esencial de lo que Lemke (1997) denomina “semiótica social”.

La semiótica social, por tanto, es una postura que considera que enseñar, aprender y hacer ciencia son procesos sociales que se desarrollan dentro de comunidades también sociales en las que se forman y comunican significados complejos a través del lenguaje. Así pues, la semiótica social trata de la construcción de significados a partir de la integración de diversos recursos culturales como las palabras, imágenes, símbolos y acciones que se emplean dentro de una comunidad de práctica (Candela, 2018); sin embargo, este no es el único medio, puesto que también se aprende a partir de MRE como son los dibujos, gráficas, fotos, videos, mapas, diagramas, simulaciones, animaciones etc.; que junto al lenguaje oral y escrito y las acciones experimentales forman sistemas semióticos que se deben integrar con el fin de elaborar significados. Esta integración no es automática o natural, es culturalmente específica y debe ser enseñada y aprendida (Lemke, 2006).

En este sentido, cuando los estudiantes tienen poca oportunidad de trabajar con MRE se presentan serios inconvenientes para leerlas, interpretarlas, generarlas y utilizarlas (García, 2005; Inzunza, 2015; García & Perales, 2007). En efecto, una de las causas más comunes de las dificultades observadas en los estudiantes surgen a partir de las distintas concepciones que tengan los maestros respecto a los procesos de adquisición, uso y desarrollo de las MRE. Por ejemplo, desconocer las representaciones utilizadas por los estudiantes para comprender los fenómenos naturales que se están tratando; pensar que la instrucción recibida durante los años

de enseñanza es suficiente para que los estudiantes las construyan e interpreten al considerar su aparente sencillez y el no especificar las ventajas que ofrece su diferenciación e integración como herramientas culturales que median la construcción colegiada de la comprensión sobre un fenómeno natural (Gabel, 1993; Kozma & Russell, 1997; Candela, 2018), entre otras, impide brindarle la oportunidad a los estudiantes de construir y usar esta clase de herramientas culturales en auténticas actividades de aprendizaje (Candela, 2018).

Por lo tanto, al tratar las dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química, el presente estudio se centra en el papel que juegan los niveles de representación o pensamiento multinivel (para mayor discusión véase Johnstone, 1982) como una clase de MRE propias de la ciencia y ampliamente utilizadas en la química, puesto que, el uso que se haga de estos niveles de representación (macroscópico, submicroscópico y simbólico) en el aula de clase puede ser un obstáculo para la comprensión de los fenómenos (Wu, 2003).

Así pues, existe un serio problema en la instrucción cuando esta no logra proporcionarle al estudiante sistemas de representación alternativos que le permitan elaborar modelos mentales para comprender mejor la naturaleza de la materia. Se ha observado que algunos maestros hacen un énfasis especial en el nivel simbólico y la resolución de problemas de lápiz y papel en detrimento de los aspectos fenomenológicos y el nivel atómico y molecular (Gabel, 1993).

Ahora bien, las dificultades relacionadas con el aprendizaje de la química se derivan directamente de las concepciones sobre tres núcleos conceptuales (discontinuidad de la materia, la conservación de propiedades no observables y las relaciones cuantitativas) que, desde un punto epistemológico o disciplinar, son de gran importancia para la comprensión y construcción de conocimiento sobre los conceptos y leyes que conforman la estructura conceptual de esta área de la ciencia (Gómez et al., 1992). Por lo cual, una de las principales razones de los obstáculos para la comprensión de estos núcleos conceptuales radica en serios

problemas de representación (Kozma & Russell, 1997; Kozma et al., 2000; 2005; Wu, 2003; Gómez, Pozo, & Gutiérrez, 2004; Kind, 2004; Furió & Furió, 2018)

Así, las dificultades de comprensión de los estudiantes pueden surgir a partir de los siguientes factores: 1) porque no comprenden las representaciones submicroscópicas y simbólicas debido a la naturaleza no visible de los átomos y las moléculas es decir de aquello que no pueden observar a simple vista; 2) a modelos mentales incompletos o inapropiados lo que les dificulta establecer relaciones entre los fenómenos químicos, las representaciones y los conceptos teóricos; 3) por las discrepancias existentes entre las experiencias de la vida cotidiana y las de la escuela (Wu, 2003); 4) porque se quedan exclusivamente en lo perceptible del nivel macroscópico que sólo permite acceder a la descripción de los fenómenos mas no a su explicación (Furió & Furió, 2018); 5) a que los estudiantes conciben la materia tal como la perciben atribuyéndole propiedades macroscópicas al mundo submicroscópico (Gómez, Pozo, & Gutiérrez, 2004; Kind, 2004; Furió & Furió, 2018). Adicionalmente, se observa que muchas veces los estudiantes no son capaces de darle sentido a los niveles de representación de la química de la misma manera en la que lo hacen los maestros (Treagust et al., 2003).

En lo relacionado con el contenido específico del comportamiento de los gases explicado a través de la teoría cinético-molecular se considera que este tópico presenta un alto nivel de abstracción en la medida en que involucra aspectos no observables, lo que exige la formulación de modelos que diferencien la observación de la explicación para mejorar la comprensión. Así mismo, los estudiantes poseen serias dificultades para explicar las propiedades y cambios de la materia utilizando el modelo cinético molecular (Gómez & Gutiérrez, 2007). Además, este tópico es considerado como uno de los cuatro campos específicos de la química que presentan obstáculos ligados a las relaciones entre los niveles macro y micro debido a la ausencia de manejo consciente de lo submicroscópico y a la

permanencia de concepciones alternativas que impiden que los estudiantes hagan uso de la teoría cinética para interpretar aspectos macroscópicos (Furió & Furió, 2018).

De esta forma, se integran los problemas planteados por los procesos de abstracción propios de la ciencia con aquellos que surgen del lenguaje científico, de donde se desprenden las problemáticas relacionadas con el uso de las MRE por parte de los maestros y estudiantes en lo relacionado con el pensamiento multinivel para finalmente desembocar en las dificultades y limitaciones que, a este respecto, se han generado en torno a la comprensión del comportamiento de los gases y así se configura la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo el uso de las MRE desde la perspectiva del pensamiento multinivel y la semiótica social favorecen la comprensión de los fenómenos relacionados con el comportamiento de los gases en estudiantes de grado once?

### **Justificación**

Uno de los principales retos de la educación implica dejar de ver la ciencia como un cúmulo de conocimientos, llena de verdades universales y finalizada (Rache, Álvarez, & Sanabria, 2009) para dar paso a una nueva visión de ciencia acorde con uno de los objetivos de la educación en este campo que es la preparación científica y tecnológica para todos los ciudadanos. (Acevedo, Vázquez, & Manassero, 2003; Lemke, 2006; Candela, 2018). Esta nueva visión de ciencia conlleva a que no sólo se conozcan y comprendan los principios científicos, sino a que se desarrollen opiniones, creencias y concepciones informadas, además de la capacidad de escoger la forma más apropiada de comunicar estas ideas (Acevedo et al., 2003).

En este sentido, la comprensión de los fenómenos no sólo debe estar enmarcada en la explicitación de los conceptos teóricos que permiten describirlos y explicarlos, sino también, debe incluir las formas en las que estos se construyen, comunican y validan a través de la

investigación (Gellón et al., 2018; Candela, 2018). De esta manera, la comprensión de los fenómenos se podrá construir a medida que los estudiantes expongan sus ideas sobre lo que ven o creen que sucede una vez hayan considerado su conocimiento actual y se enfrenten a situaciones de conflicto que promuevan tener un punto de vista o modificar su opinión usando la reflexión o la sustitución, que son facilitadas mediante la interacción social con sus profesores, compañeros e incluso con medios tecnológicos como las computadoras (Gabel, 1993). Esta perspectiva, contribuirá al logro de algunas de las expectativas de una nueva visión de ciencia, al asumir el aula como una comunidad de aprendizaje donde las prácticas científicas se complementan con habilidades lingüísticas que permitan construir, representar y comunicar la comprensión de un fenómeno natural (Candela, 2018).

Así, se resalta la importancia de realizar procesos reflexivos sobre la naturaleza de la ciencia y los obstáculos para la comprensión, con un especial énfasis en el uso del pensamiento multinivel y la semiótica social para favorecer el alcance y desarrollo de la comprensión relacional. Es decir, que este estudio se preocupa por la explicitación del por qué y conduce a la reestructuración de los esquemas conceptuales, más que a la comprensión instrumental que enfatiza en el cómo y en la memorización (Skemp, 1976).

Por su parte, es importante involucrar el pensamiento multinivel en la medida en que este le permite a los estudiantes acceder a ideas que sólo se pueden construir en la mente (representaciones mentales) y que deben ser comunicadas a través de medios u objetos tangibles (representaciones externas) (Candela, 2018).

Por lo anterior, las múltiples representaciones externas se configuran como elementos esenciales en el quehacer científico y resultan primordiales para la comprensión de los fenómenos en el aula. Así, el desarrollo de habilidades que resulten del empleo de este tipo de elementos semióticos es importante en la medida en que se construyan puentes para moverse conscientemente entre los tres niveles de representación, lo que puede disminuir la confusión

y la sobrecarga de la memoria de trabajo pudiendo aumentar la motivación y el logro de los estudiantes en el aula de química (Talanquer, 2011). Esto se sustenta en la afirmación de Treagust, Chittleborough, & Mamiala (2003), quienes expresan que *“las representaciones se utilizan para ayudar al alumno a aprender”* (pág. 1353); así mismo, Candela (2018) expresa que: *“un alto porcentaje del aprendizaje que tiene lugar en las aulas de ciencias depende del uso del lenguaje (escuchar, hablar, leer y escribir) y del empleo de las múltiples representaciones externas”* (pág. 9). Adicionalmente, el uso de las MRE maximiza el conocimiento didáctico del docente, quien no solo debe poseer un conocimiento específico de la asignatura sino también la capacidad de enseñarla de forma comprensible y significativa (Álvarez & Muñoz, 2015)

En este sentido se puede afirmar que, desde la perspectiva de la semiótica social, es importante que la escuela encuentre una estrategia pedagógica que le brinde la oportunidad a los estudiantes de interactuar con el lenguaje de la ciencia. Así mismo, se requiere que los estudiantes tengan la posibilidad de conocer y comprender los sistemas de representación usados por los químicos para que puedan atribuirles significados equivalentes a los que estos les otorgan (Wu, 2003). De igual forma, es importante que la práctica educativa provea experiencias que permitan que los estudiantes puedan pensar usando múltiples representaciones en un mundo multimedial (Lemke, 2006). De tal forma que logren evolucionar sus modelos mentales e ideas previas en saberes específicos (Álvarez & Muñoz, 2015).

Todo esto se debe realizar en un ambiente que permita construir conocimiento al negociar, socialmente, significados y formas de significar. Por consiguiente, brindar la oportunidad a los estudiantes de expresar sus ideas y utilizarlas de manera similar al uso que se le otorga al conocimiento científico, permitirá el desarrollo de nuevas formas de

representación de su comprensión y lenguaje sin verse obligado a renunciar por completo a su conocimiento cotidiano para poder aplicarlo adecuadamente según el contexto.

En cuanto al tópico específico que se trata en la presente investigación es importante resaltar que la comprensión de los fenómenos asociados al comportamiento de los gases incluye aspectos de los tres núcleos conceptuales de la química que permiten apalancar la construcción de conocimiento sobre otros tópicos de esta área. De igual forma, el comportamiento de los gases se relaciona con situaciones cotidianas de los estudiantes y además permite extrapolar la visión que tengan sobre el comportamiento de la materia en general (Furió & Hernández, 1983).

De este modo, se considera que este tópico de la química ofrece a la presente investigación una amplia gama de posibilidades bajo las cuales se pueden desarrollar diversos aspectos que se requiere involucrar al usar MRE.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Identificar cómo el uso de las MRE desde la perspectiva multinivel y la semiótica social favorecen la comprensión de los fenómenos relacionados con el comportamiento de las sustancias gaseosas en estudiantes de grado once de la I.E. Alfredo Posada Correa.

### **Objetivos Específicos**

Diseñar e implementar actividades de aprendizaje basadas en MRE sobre el comportamiento de los gases desde el pensamiento multinivel y la semiótica social.

Documentar las acciones y razonamientos durante las interacciones estudiante-estudiante y estudiante-profesor que favorecen la comprensión a partir del uso de las MRE desde la perspectiva de la semiótica social.

Explicar cómo el uso de MRE desde una perspectiva del pensamiento multinivel favorece la comprensión.

## Capítulo 2 Marco Teórico

### Las Representaciones

Es preciso empezar definiendo el concepto de representación; en términos generales, se ha considerado que una representación es una construcción efectuada por los individuos y que hace referencia a objetos o fenómenos con los cuales interactúan. Dicha construcción procura aglutinar las características y particularidades primordiales de los objetos o fenómenos representados pudiendo ser sustituidos por esta para efectos comunicativos e intelectuales, es decir, la representación sirve para la interacción con los objetos y para operar sobre ellos sin necesidad de su presencia física (García, 2005).

Sin embargo, este término genera muchas controversias, ya que presenta variedad de significados según el dominio disciplinar en el que se utilice. Por tanto, su comprensión ha sido foco de revisión por parte de diferentes teorías del conocimiento (Materán, 2008). Por ejemplo, este concepto ha sido comúnmente estudiado por la psicología cognitiva pretendiendo dar cuenta de la actividad mental a través de la cual las personas captan el mundo (Vega, 1984 citado por Pesa, Ruiz, & Del Valle, 2002). Por otra parte, según Martí & Pozo (2000) la palabra representación se vuelve sinónimo de conocimiento y citan a Mandler (1998) para afirmar que suele confundirse con el término “información almacenada” (p.257). Mientras que, Castellaro (2011), cita a Bruner (1990) para exponer que la representación es un término más afín con el concepto de “significado” ya que éste incluye tres dimensiones: la emocional, la social y la cultural. Además, este autor expresa que la representación es un conglomerado de reglas mediante las cuales se puede almacenar aquello que se ha logrado conocer en distintos contextos.

Por tanto, representar algún aspecto del mundo o algo que hace parte de nuestra vivencia, presenta ciertas particularidades, ya que la representación de un suceso es

continuamente selectiva. Así, al realizar la elaboración de un modelo de algo, no se encierra todo aquello que tiene que ver con este.

De esta manera, las representaciones se refieren a todos esos constructos de los sistemas de manifestación y representación que pueden contener distintos procedimientos de escritura, tales como números, símbolos, dibujos, diagramas, esquemas, etc. A partir de lo cual se efectúan las funciones de información, expresión, objetivación y procedimiento. Por tanto, en el conocimiento de los procesos de construcción y transformación de las representaciones se inmiscuyen distintos tipos de tareas, dentro de las que sobresalen las de formación, como aquellas representaciones de algo que surgen a partir de un conjunto de caracteres e intencionalidades (López et al., 2007).

Por su parte, Parga, Ibarra, & Mora (2000), toma como referencia las interpretaciones de este término desde la edad media y el renacimiento para centrarse en la época moderna, donde se asume la representación como “sustitución”, significado que se corresponde con las teorías de las representaciones sociales que postuló Moscovici en 1961 como lo expresa Materán, (2008). Al respecto, una representación social es un suceso del pensamiento en el que el individuo se vincula con un elemento y mediante distintos mecanismos, ese elemento es sustituido por un símbolo; Por tanto, como expone Materán (2008 p. 245): “las representaciones son sociales por su carácter compartido, su génesis en la interacción y sus funciones”, así mismo Jodelet (citado en Materán, 2008) expresa que:

*“Lo social interviene de diversas maneras: por el contexto concreto en el cual están situadas personas y grupos, por la comunicación que se establece entre ellos, por los cuadros de aprehensión que les proporciona su bagaje (conjunto de conocimientos) cultural; por los códigos, valores e ideologías ligados a las posiciones o pertenencias sociales específicas”(p. 245).*

La anterior concepción considera la naturaleza social de los individuos como de sus construcciones. Así, la relativización se origina porque las representaciones construidas entran en interacción con los objetos y fenómenos que simbolizan y con las representaciones construidas por otros individuos sobre los mismos objetos y fenómenos, transformándose y evolucionando. Al respecto, es necesario tener en cuenta que para un objeto pueden existir diversas representaciones y que es indispensable que este no sea trastocado con estas además que se le admita en cada una de ellas. Es bajo esas condiciones que una representación funciona efectivamente como tal, es decir que ella suministra un acceso perceptivo al objeto representado (Duval, 2012).

De lo anterior se resalta que el presente estudio asume la perspectiva de las representaciones sociales. Puesto que, según esta concepción, durante el proceso de representación, la interpretación de la realidad no se copia, sino que se transforma y se construye, siendo mediada por valores, roles sociales, religión, necesidades y otros aspectos socioculturales. Suplementariamente, al estar asociada con el lenguaje y las prácticas sociales de un determinado grupo cultural, se puede considerar que las representaciones no sólo son subjetivas, sino que se encuentran en la cultura, la sociedad y en el mundo. Bajo esta concepción, los medios de comunicación, la información y las ideas que surgen a partir de la comunicación interpersonal, moldean y conforman los distintos modos de pensar y de actuar además las experiencias de la vida cotidiana, el sentido común y toda situación que afecte a una persona producen representaciones sociales.

En lo relacionado con la educación, se puede vislumbrar la importancia de las representaciones en los procesos académicos de enseñanza y aprendizaje (Tamayo, 2006; Álvarez, Álvarez, & Chica, 2017). Ya que se encuentran sólo en sistemas cognitivos y dichos sistemas pueden adquirir representaciones tanto del medio interno como el externo para ser modificadas de acuerdo al contexto (Pozo, 1999). Adicionalmente, gran parte del aprendizaje

espontáneo consiste en inducir reglas más generales para obtener formas más económicas o eficaces de representar sucesos semejantes. Así, las representaciones constituyen elementos esenciales en la forma en la que se almacena la información durante el proceso de aprendizaje. Y en muchas ocasiones este aprendizaje consiste en traducir un modo de representación a otro. Es decir, no sólo somos capaces de seguir el mismo camino habitualmente, sino que nos lo podemos representar mediante una imagen mental (Bruner, 1986, p. 122).

Debido a lo expuesto anteriormente, las representaciones se conciben como una estrategia didáctica que dinamiza las prácticas educativas, al transformar la información para promover el aprendizaje significativo de los conceptos y contenidos de un conocimiento específico donde los estudiantes decodifican y asimilan dicha información (Álvarez & Muñoz, 2015). Por un lado, los maestros pueden utilizar instrumentos didácticos como esquemas, diagramas, cuadros sinópticos, mapas conceptuales/mentales, entre otros, para proporcionar la comprensión de un tema determinado. Por ende, los alumnos los utilizan para dar cuenta de sus aprendizajes o de representaciones puntuales como la verbal, escrita o gráfica que en muchas situaciones se les hace más viable de emplear (Romero y Bedoya, 2018). Por tanto, se promueve la construcción del saber a partir de la interacción que se establece entre las representaciones internas y la información externa que recibe el aprendiz de diferentes fuentes como las experiencias de la vida cotidiana y la información mediatizada (Giordan, 1989).

En este sentido, se debe considerar la existencia de dos tipos de representaciones: las internas o mentales y las externas o semióticas. Estas se clasifican de acuerdo con el espacio en el cual se muestren. Así, el primer tipo comprende las representaciones cuyo contorno se establece en la mente de los sujetos y no pueden ser observadas en un ámbito público por cuanto conforman todo el conjunto de concepciones o imágenes mentales que un individuo elabora acerca de un objeto o situación. Mientras que, el segundo tipo pertenece directamente a las representaciones que pueden hallarse fuera del sujeto y que pueden entrar en interacción

con él, siendo visibles y observables públicamente al ser producidas mediante el empleo de signos, por lo cual son un medio para exteriorizar las representaciones mentales haciéndolas visibles y accesibles a otras personas (Duval, 1999)

### **Representaciones internas o mentales.**

Para Lombardi, Caballero y Moreira (2009), las representaciones internas, o representaciones mentales, son:

*“Los sistemas internos de información que utilizamos en los procesos de percepción, lenguaje, razonamiento, resolución de problemas y otras actividades cognitivas. No es posible observar, en forma directa, las representaciones internas, por lo tanto, su naturaleza sólo puede ser inferida a partir de datos indirectos” (p. 155).*

Al respecto, Harrison y Treagust (2006) establecen que:

*“Aunque las representaciones mentales son en general, más simples y más incompletas que las entidades que representan, basan su utilidad en el poder explicativo y/o predictivo que poseen, donde permite a las personas interpretar efectiva, además, adecuadamente el mundo que los rodea” (p. 109)*

Por tanto, estas representaciones son en gran medida, dispositivos que conectan las realidades externas a las que los sujetos se encuentran sometidos todo el tiempo con las realidades internas que se fundan a partir de las experiencias, lo que indica que, estos sistemas de símbolos posibilitan la comprensión de dichos contextos. Así, los dibujos o diagramas que se realicen pueden ser evidencia o reflejo de los modelos mentales presentes en los alumnos (Díaz et al., 2011).

Este concepto de modelos mentales plantea que la mente humana simboliza el mundo ante las pocas opciones de ser aprendido directamente. Para esto, se emplean al menos tres códigos, que son: a) las representaciones proposicionales, que pueden ser mencionadas

verbalmente; b) los modelos mentales, como análogos estructurales de una situación del mundo real o imaginario y c) las imágenes mentales como perspectivas particulares de un modelo mental (Johnson–Laird, 1983). A partir de estas representaciones de la mente, el individuo maneja una noción en el mundo real, lo que le permite hacerlo funcional y, por consiguiente, incorporarlo a su conocimiento y al entorno en el cual se desenvuelve (Otero, 1999).

Es desde la perspectiva de los modelos mentales que resulta útil entender el por qué los alumnos pueden dar distintas definiciones a un mismo hecho. De igual forma, proporcionan información sobre las estructuras conceptuales que les dieron origen. Por tanto, los individuos tienden a establecer sus vivencias y reflexiones relativas a un tópico individual como modelos mentales que no pueden ser directamente observados y discretos, y que, al ser dinámicos pueden proporcionar explicaciones causales y permitir la elaboración de predicciones a cerca de la situación o el estado de los sucesos del mundo físico. Estos modelos se recuperan de la memoria a largo plazo y se usan para enfrentar tareas específicas al solucionar problemas. De esta forma, resultan ser puntos de anclaje de la nueva información pudiendo restringir la adquisición de conocimiento, así como las creencias y las presuposiciones lo hacen (Vosniadou, 1994).

Así pues, se considera que las representaciones mentales permiten “ver” el objeto en ausencia total de un significante por tanto involucra concepciones, nociones, ideas y creencias mientras que, las representaciones semióticas, permiten observar el objeto por medio de la percepción de estímulos visuales como puntos, trazos, signos que tiene un valor de significantes, por tanto ambos tipos de representaciones constituyen todas aquellas proyecciones que reflejan los conocimientos y la comprensión que un individuo tiene y que le permiten explicar su entorno.

**Representaciones externas o semióticas.**

Las ciencias prácticas se identifican por el manejo y la comprobación que efectúan los científicos con relación a los fenómenos naturales. Dichos manejos originan construcciones de distintas representaciones sobre estos fenómenos. Así, la construcción e interacción con las representaciones externas (semióticas) son de gran importancia para instruirse ya que están formuladas en variados sistemas de representación externa, es decir, en distintos y variados registros semióticos. Por tanto, se refieren a los distintos sistemas de expresión y representación contruidos y que incluyen variadas formas como la escritura, los números, las notaciones simbólicas, esquemas, gráficos, diagramas etc. (Tamayo, 2006). Así mismo, se propone que estas pueden ser usadas para identificar posibles errores conceptuales cuando son usadas para dar cuenta de las representaciones internas después de explorar las ideas previas de los estudiantes (Giordan, 1989).

De acuerdo con Martí & Pozo (2000) estas representaciones poseen ciertas características generales: independencia de su creador, permanencia, uso del espacio, organización, naturaleza dual (como objetos y modelos representacionales), interacción con otros sistemas de representación externa, y uso con objetivos cognitivos o sociales (almacenar y transformar la información). Mientas que, como medio representacional (soporte, normas y técnicas simbólicas y formativos) y como proceso de representación, (Redescripción representacional mediada por artefactos culturales), colocan en certeza la dinámica de la actividad mental o propósito intelectual y la objetivación de éstas en la representación externalizada (Pozo, 2002)

Además, las representaciones externas permiten observar un objeto a través del discernimiento de un conjunto de signos (rayas, puntos, grafías, sonidos) que tienen el valor de significantes (imágenes, esquemas, palabras simbólicas, etc.) (Callone, 2015). Logrando conservar o no, relaciones de vecindad entre los elementos del modelo original representado

(Duval, 1999). Así mismo, pueden ser o no permanentes en la medida en que puedan ser traídas en forma directa por la percepción (García, 2005).

Este tipo de representaciones son forjadas a través de un sistema de signos, es decir, son representaciones semióticas que pueden ser explicadas por todos los sujetos competentes en descifrar este sistema de signos. Así, la variedad de las representaciones semióticas (externas) de un mismo elemento acrecienta el entendimiento de las nociones de un individuo, pues la comprensión conceptual aparece unida al reconocimiento de cosas que no presentan variaciones entre representaciones semióticas heterogéneas. Sin embargo, una de las actividades cognitivas más difíciles para la mayoría de los estudiantes es la conversión de las representaciones semióticas es decir el paso de un registro semiótico a otro que es diferente, pero está relacionado. Esta limitación puede deberse a una comprensión limitada a la representación en la que se aprendió, el desconocimiento de alguno de los registros de representación al que se quiere convertir o la falta de coordinación entre ellos (Duval, 1999).

Por tanto, hacer uso de distintos registros semióticos puede brindar diversas oportunidades para perfeccionar el aprendizaje de los alumnos ya que su utilización concurrente tiene un efecto sinérgico y beneficia la edificación de modelos mentales relacionados (García, 2005). Por otro lado, el poseer distintos registros semióticos ofrece una variedad de eventualidades y restricciones para el procedimiento y la comunicación de la información; de esta forma, algunas representaciones se vuelven más apropiadas que otras. En este contexto, se puede ver cómo el registro semiótico analógico (imágenes, bosquejos, diagramas) resulta de mayor utilidad que los registros semióticos simbólicos (enunciados, fórmulas) dependiendo del tipo de problema al que se enfrenten los estudiantes. Así, cierto tipo de representaciones pueden favorecer la codificación, mientras que otras benefician los procesos de análisis o se pueden emplear con intención netamente narrativa expositiva o explicativa (Martins (1997) citado por Díez de Trancredi & Caballero, 2004).

De acuerdo a todo lo anterior, las Múltiples Representaciones Externas o MRE, se han configurado como una tendencia actual en educación y pedagogía permitiendo que los docentes mejoren sus prácticas educativas al ser una estrategia didáctica que ofrece diversas ventajas como la integración de los diferentes estilos de aprendizaje vinculando las inteligencias múltiples y promueve en los estudiantes la formación de conceptos, el aprendizaje significativo facilitando el acceso a la información (García & Perales, 2006; Nappa, Insausti, & Sigüenza, 2005; Tamayo, 2006)

Sin embargo, el correcto uso e interpretación de las MRE no se transforma por simple maduración, sino, que es indispensable un contexto educativo formal o informal que favorezca su desarrollo (Giordan, 1989; Martí, 2003). Lo anterior implica que sean consideradas medios de aprendizaje o herramientas de conocimientos más que simples instrumentos de enseñanza puesto que es a través de estas que se puede materializar la integración y/o combinación sinérgica de los diversos elementos semióticos que pueden representar un fenómeno y que son ampliamente utilizados por la comunidad científica para construir, comunicar y representar sus modelos teóricos (Kozma et al., 2000). Así, el presente estudio considera que las MRE se configuran como una serie de recursos semióticos propios del lenguaje de la ciencia que favorecen los procesos de comprensión durante el aprendizaje.

Por tanto, los estudiantes pueden alcanzar una mejor comprensión de un fenómeno cuando tienen la oportunidad de interactuar y representarlo en formatos diferentes (texto, animación, gráficos, audio e imagen). Esto se debe a que necesitan realizar diversos razonamientos para establecer vínculos semánticos entre los distintos recursos semióticos y poder establecer relaciones intra e interrepresentacionales y así conectar la representación externa con la construcción activa de una representación mental con el fin de estructurar un conocimiento coherente a la comprensión del fenómeno (Candela, 2018). Al referirnos a la

química se va a exponer a continuación los niveles de representación usados en su enseñanza y que corresponden a un tipo específico de representaciones de esta área de la ciencia.

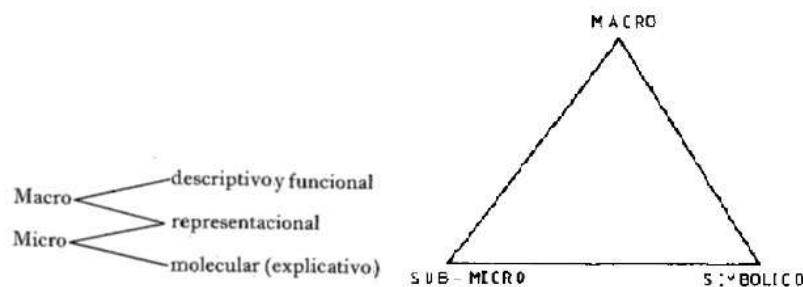
### **Los niveles de representación usados en la enseñanza de la química: el pensamiento multinivel**

Uno de los problemas más importantes a la hora de educar y formarse en un concepto químico, procede de la incompetencia que presentan los alumnos para distinguir y relacionar los distintos niveles de representación que se presentan en la química. Desde 1982, Johnstone se preocupó por proponer una estrategia para ayudar a los estudiantes a acceder al conocimiento de la química; para ello, reflexionó sobre la importancia de distinguir los tres niveles en los que se representan los fenómenos químicos y se focalizó en la competencia comunicativa como una herramienta para representar los tópicos de la química. Desde su perspectiva formuló tres formas en las que existe la química donde ninguna es superior a otra siendo complementarias pudiendo ser pensadas como las esquinas de un triángulo.

De esta forma concibe la estructura conceptual de la química como un sistema complejo formado por tres niveles de representación: (a) nivel de representación macroscópico; (b) nivel de representación submicroscópico y (c) nivel de representación simbólico. Exponiendo que, estos tres niveles interactúan entre sí, es decir, se tiene un sistema que está establecido por un conocimiento en la operación que ha sido interiorizado por los maestros, debido a su continuo uso durante sus obligaciones académicas. En cuanto a la representación de este sistema, el autor realiza un esquema a manera de triángulo con el propósito de diagramar los tres niveles de la química, ubicando en cada vértice del triángulo los diferentes niveles de representación que permiten percibir los fenómenos químicos a lo que le denominó pensamiento multinivel (véase Figura 1).

**Figura 1.**

*Los tres niveles de representación en las ciencias físicas.*



Modificado de: Johnstone, 1982, 1991.

Este pensamiento multinivel formado por los niveles macroscópico, simbólico y submicroscópico se presentará a continuación:

### ***Nivel macroscópico o descriptivo.***

Este nivel se relaciona con todas aquellas percepciones sensoriales que se pueden obtener a partir de la observación directa del fenómeno, ya sea a través de la experimentación o en la vida cotidiana. De esta manera se pueden identificar las características que permitirán describirlo (Johnstone, 1982).

### ***Nivel simbólico o representacional.***

En este nivel se localizan los más distintos y variados símbolos que se emplean en la enseñanza de la química para representar los fenómenos y transformaciones de la materia. Para lograrlo, usan representaciones como los símbolos y fórmulas químicas, ecuaciones químicas, gráficos, tablas, diagramas y modelos analógicos entre otros, por lo que es considerado como el lenguaje propio de la química (Johnstone, 1982).

### ***Nivel submicroscópico o explicativo.***

Este nivel se relaciona directamente con los distintos modelos que se emplean en la química para esbozar una definición abstracta de algún fenómeno. Aquí se manejan las nociones de átomos, iones y moléculas; por medio estas se establecen algunas definiciones o consideraciones del arquetipo cualitativo con relación al estado y particularidades de las

sustancias que intervienen en un fenómeno químico concreto, teniendo como base del estudio, la representación de su estructura interna. Para Johnstone (1982), en este nivel se pretende expresar por qué las sustancias actúan de la manera en que lo hacen. Por esto, los docentes, deben movilizar dentro del salón de clases variedad de modelos teóricos como: átomos, moléculas, iones, isómeros, polímeros, orbitales atómicos, enlaces, etc., con el objetivo principal de ofrecerle a los estudiantes un modelo mental que les permita comprender y relacionar y explicar los fenómenos macroscópicos.

Ahora bien, este pensamiento multinivel implica que estos niveles interactúen entre sí conformando un sistema iterativo que se encuentra en la memoria permanente tanto del químico como del educador en química, moviéndose de un nivel a otro de manera inconsciente. Es decir que conocen y manejan tan bien cada nivel siendo capaces de pasar de un nivel a otro de manera tan rápida con la tendencia a fusionarlos en una misma realidad. De esto deriva la idea de que, si es difícil para el docente hacer la separación consciente de estos niveles, más difícil debe ser para el educando articularlos para otorgar de sentido su comprensión sobre un fenómeno químico (Johnstone, 1982). Esto en la medida en que no se les diferencie indicando la potencialidad y funcionalidad de cada uno, de tal forma que sea claro poder emplear uno u otro dependiendo de lo que se desee o busque expresar.

Por tanto, el problema con el pensamiento multinivel es una de las causas de las dificultades observadas en los estudiantes que, unida a la naturaleza abstracta de los conceptos de la química, sobrecargan la memoria de trabajo (Johnstone, 1991). Esto sucede ya que se requiere el trabajo simultáneo de una mayor cantidad de información de la que la memoria de trabajo es capaz de soportar por lo que hay una ruptura entre las ideas presentadas al educando y su memoria permanente (Candela, 2018).

La capacidad de procesar información por parte de la memoria de trabajo es limitada en la medida en que se deben desempeñar las funciones de procesar y almacenar; cuando hay

un exceso de información muy poca de esta puede ser almacenada puesto que hay un alto nivel de procesamiento. En este sentido, Johnstone (1991), propuso un modelo del procesamiento de la información (véase Figura 2) para poder comprender cómo aprenden los estudiantes y poder enseñar en consecuencia, al demostrar no sólo por qué la ciencia es difícil de aprender sino proyectar formas de rectificar el pensamiento.

**Figura 2.**

*Esquema del modelo de procesamiento de información.*



Fuente: Johnstone (1991).

Dicho procedimiento consiste en que la nueva información sea registrada, encausada y organizada, de tal manera que comience a adquirir sentido y conexión para conseguir compenetrarse con sus propios saberes (donde es recopilada). Cuando los nuevos conceptos se enlazan con las nociones que ya posee se tiene un mejor aprendizaje. Cada alumno tiene su propia manera para educarse, lo cual se relaciona directamente con sus vivencias, sus saberes previos, su modo de captar información. Es decir, el aprendizaje no reside únicamente en solo recibir información, también requiere que esta interactúe con los saberes que ya posee el sujeto. Así, la nueva información que el alumno recibe por el camino de sus sentidos debe ser retenida transitoriamente, mientras es interpretada y comparada con el contenido de sus saberes anteriores (Nakamatsu, 2012)

Lograr lo anterior, es un desafío que requiere del esfuerzo tanto de los docentes como de los estudiantes. Aunque se sabe que existen diferentes estrategias que el educador puede usar para facilitar que el alumno conecte la nueva información con la que ya posee. Por ejemplo, permitir que los estudiantes reflexionen y debatan estos nuevos conocimientos, conseguir que los expresen con sus propias palabras y solucionar problemas aplicados, son estrategias que facilitan al alumno construir vínculos entre las nuevas representaciones y los conceptos que ya tiene (Nakamatsu, 2012).

En este sentido, la efectividad de la enseñanza de la química depende de manera directa de la capacidad que posee cada maestro para exponer los procesos de comunicación al interior del salón de clases, es decir, el lenguaje de esta disciplina puede funcionar como acelerador u obstáculo para que el alumno pueda acceder a las concepciones abstractas. Por tanto, es durante la planeación, la instrucción y la introversión que se debe tener en cuenta aspectos tales como: sistemas de comunicación, niveles de representación, formas de enseñanza, estilos de aprendizaje o cómo el individuo entiende y la naturaleza del mismo mensaje (Johnstone, 1991)

Adicionalmente, dentro del modelo de procesamiento de la información y para responder por qué la ciencia es difícil de aprender, se debe involucrar el lenguaje. Esto debido a que mucho de lo acontecido en la memoria de trabajo ocurre a nivel verbal o visual. Así, una palabra o una frase desconocida ocupa una gran cantidad de espacio para poder darle sentido en un contexto. Si este es complejo, la posibilidad de clarificarla es muy baja y podría guardarse en la memoria semántica con un significado superficial que, al ser utilizado posteriormente sólo sonaría erudito, pero no podría ser explicado a profundidad (Johnstone, 1991). En este sentido, se advierte que el lenguaje oral, escrito y las operaciones experimentales son herramientas poderosas para aprender ciencia lo que implica darle la oportunidad al estudiante de expresarse de esta manera dentro de un contexto de negociación de significados y formas de significar; objetivo esencial de lo que Lemke (1987) denomina “semiótica social”.

## La semiótica social

Dentro de la relación entre la semiótica y la comunicación existen variedad de definiciones y reconstrucciones. Entre estas, cabe mencionar la distinción que solía designarse entre la semiología (propagada en Europa por lingüistas como Ferdinand Saussure) y la semiótica (de mayor desarrollo en Estados Unidos por el filósofo y lógico Charles Sanders Pierce) como campos de estudio diferentes. Así, se designaba como semiología aquella ciencia que indaga la existencia de sistemas de signos en el seno de la vida social, mientras que, la semiótica estudia al signo como proceso sin necesidad de integrarlo a un sistema. Finalmente, para evitar la confusión de términos, la Asociación Internacional de Semiología, reunida en Venezuela en 1969, acordó englobarlos en la denominación “semiótica”.

Así, la semiótica social se fundamenta en la semiótica formal que representa los sistemas de recursos semióticos (tipos y relaciones de signos socialmente significativos). Sin embargo, en la semiótica social no son los signos los que resultan interesantes y aprovechables, sino las destrezas que los identifican, los métodos sociales de la semiosis en sí. De esta forma, mientras para la semiótica “el signo” es un término fundamental, en la semiótica social se prefiere usar el término “recurso”. Esto debido a que la palabra signo lleva consigo una representación predeterminada que no se relaciona necesariamente con su “uso”. Por tanto, desde la semiótica social se cuestiona primero qué significados tienen para los sujetos, y procede desde ahí a un estudio del sistema de signos usados para realizarlos. Es relevante, por tanto, la forma en cómo los individuos “emplean” o “usan” las herramientas de los sistemas semióticos, ya sea el lenguaje oral o escrito, los gestos, el movimiento, dibujos, esquemas etc., para realizar significados socialmente explicativos (Lemke, 1987).

Adicionalmente, la semiótica social, constituye una manera de indagación que brinda preguntas acerca de los significados que se erigen en los diversos contextos sociales, y sitúa además sobre modos de acercarse a las prácticas y a los contextos (Van Leeuwen, 2005). Así,

se interesa por lo que se realiza con dichas herramientas tanto los significados que se producen en contextos inmediatos de uso (conversaciones, lecciones, etc.) como las funciones sociales más extensas de lo que forjamos, incluyendo la recreación o evolución de las creencias y cualidades de nuestra sociedad, su repartimiento de poder y recursos entre grupos, y sus modelos de relaciones sociales (Lemke, 1987). Así, se involucran a las comunidades y sus formas de actuar, pensar, razonar, comunicar, participar y todos los diversos modos semióticos propios de cada cultura que se emplean para crear significados. De esta manera, las personas se comunican en cada ámbito de su vida cotidiana, a través de todos los recursos semióticos que le ofrezca su cultura para expresar un significado en una situación y con un propósito particular (Manghi, 2012).

Por tanto, esta clase de semiosis, define los recursos semióticos como las acciones y artefactos que se emplean durante el proceso de comunicación. Estos recursos pueden ser producidos fisiológicamente o por medio de tecnologías. Se enfoca en cómo las personas los emplean en el contexto de situaciones y prácticas sociales específicas. Además, compara y contrasta los modos semióticos para explorar sus similitudes y diferencias investigando cómo se pueden integrar en artefactos y propone que la comunicación y la representación son eventos multimodales (Van Leeuwen, 2005).

Así, el presente estudio asume la semiótica social desde la perspectiva de Lemke (1987) aceptando que se trata de la construcción de significados a partir de la integración de diversos recursos disponibles como las palabras, imágenes, símbolos y acciones que se emplean dentro de una comunidad de práctica puesto que los miembros de dicha comunidad no sólo deben ser capaces de reproducir significados sino principalmente de construirlos siendo capaces de comunicarlos (Candela, 2018); teniendo en cuenta que este no es el único medio, puesto que también se aprende a partir de múltiples representaciones externas como son los dibujos, gráficas, fotos, videos, mapas, diagramas, simulaciones, animaciones etc.; que, junto al

lenguaje oral y escrito y las acciones experimentales forman sistemas semióticos que se deben integrar con el fin de elaborar significados. Por tanto, enseñar, aprender y hacer ciencia se consideran procesos sociales que se desarrollan dentro de comunidades también sociales en las que se forman y comunican significados complejos a través del lenguaje (Lemke, 2006).

Por todo esto, y entendiendo que la integración de los distintos recursos semióticos no es algo natural o automático el presente estudio resalta la utilidad de la semiótica social como una forma de investigación puesto que más allá de ofrecer respuestas, demanda la formulación de preguntas que permita identificar e interpretar los distintos significados y formas de significar que son socialmente construidos en un aula de clase.

### **Compresión desde la perspectiva del pensamiento multinivel**

La ciencia hace factible la comprensión y la interpretación de los fenómenos naturales, a partir de los cuales el estudiante puede entender el universo, creando nociones y conceptos, refiriendo y elaborando modelos y así podría hasta afrontar lo desconocido a partir de lo conocido. En este sentido, la ciencia puede ser considerada como un constructo social, históricamente establecida, que confina todo un conglomerado de teorías, de ejercicios, pensamientos, leyes, etc., que son elaboradas por la comunidad científica (Melo-Brito, 2017).

Desde la perspectiva de Skemp (1976) la comprensión se puede diferenciar en dos tipos: la comprensión instrumental y la comprensión relacional. En la medida en que el primer tipo está representado en unidades discretas mientras que, en el segundo, el esquema de conocimiento estaría vinculado e interconectado. De igual forma, la comprensión de un fenómeno natural demanda de la construcción de modelos mentales que operan como análogos organizados de estos, como intermediarios a la luz de los cuales logren significado las nociones científicas y las relaciones que se fundan entre ellos. Así, los modelos conceptuales son representaciones externas participadas por una concreta colectividad y congruente con el conocimiento científico que esa colectividad posee (Moreira et al., 2002).

Por tanto, se debe considerar que, cuando se habla de comprensión se considera la forma en la que se construye el conocimiento científico tanto por parte de la comunidad científica como se lleva a cabo en el aula. Así, los modelos de la ciencia se construyen para comprender o explicar una serie de observaciones; pero esas palabras comprender y explicar significan no sólo poder dar cuenta de dichas observaciones sino ofrecer predicciones sobre observaciones no realizadas. En forma análoga, se debe hacer en el aula. En el contexto educativo, comprender y explicar implica adquirir esquemas de pensamiento que promuevan el establecimiento de relaciones entre el conocimiento previo y el que se vaya adquiriendo además, resolver problemas novedosos (Gellón et al., 2018). Así, la reestructuración de los modelos mentales se puede demostrar a partir del uso de aquellos significados construidos como resultado de la instrucción recibida.

Cada estudiante debe lograr una comprensión distinta de cualquier otra comprensión, ya que todo ensayo de intentar dar significado a algo está sustentado no solo en los materiales de aprendizaje (representaciones externas) sino en los saberes previamente movilizados para tal fin. Entre los saberes previos del estudiante se pueden encontrar nociones alternas al saber científico. Esto indica que la construcción de los conceptos no es un acto exclusivo de la comunidad científica, sino que cada estudiante puede ser capaz de construir los conceptos y que este es un proceso constante que se da a partir no sólo de la reflexión sino también como resultado de la interacción social. Es, por tanto, importante que el docente reconozca cómo se da este proceso en el estudiante y genere actividades que promuevan dicha construcción.

Así mismo, la construcción de conocimiento no debe implicar una sustitución de ideas sino un proceso de reestructuración de estas, donde los estudiantes pueden redescubrir sus predicciones, su visión del mundo a través de la integración jerárquica de diversas perspectivas. Esto significa que los estudiantes reconozcan que existen distintas maneras de aproximarse a

un fenómeno y que pueden usar diferentes modelos para interpretar y comprenderlo siendo capaces de entender que unos pueden explicar más cosas que otros (Gómez et al., 2004).

Pozo & Flores (2007), se expresan al respecto indicando que “lo conceptual no es pues independiente de lo semiótico”, con esto reafirman la idea que, para poder desarrollar la comprensión de los estudiantes respecto a cualquier fenómeno de la ciencia es indispensable aclarar el mecanismo de explicitación necesario para construir los sistemas externos de representación. Esto se logra no sólo mediante la instrucción directa, sino que es necesario exponer los supuestos y restricciones de cada sistema usado para representarlos, así como develar los modelos mentales usados por los estudiantes a partir de los cuales se parte.

Por esta razón, el presente estudio hace un especial énfasis en el alcance y desarrollo de la comprensión relacional, es decir aquella que se preocupa por la explicitación del por qué a través del empleo de las MRE en general y del pensamiento multinivel en particular. Esto con el fin de elaborar una estructura o esquema conceptual, más que enfatizar en el cómo y en la memorización de unos pasos específicos para llegar a un lugar determinado donde sólo se puede elaborar un plan cada vez, propio de la comprensión instrumental (Skemp, 1976).

Finalmente, el presente estudio asume la comprensión como la capacidad que tiene un estudiante de explicar un fenómeno químico usando las Múltiples Representaciones Externas ó MRE a partir de la vinculación y el establecimiento de relaciones semánticas entre los diferentes niveles de representación o pensamiento multinivel. Pudiendo así, reconocer las características y funcionalidades de cada nivel, describiendo el fenómeno desde lo macroscópico, explicarlo desde lo submicroscópico y expresándose a través del uso de MRE. La idea es que los estudiantes perfeccionen su comprensión al escoger la forma de representación más acorde a la tarea encomendada y de igual forma poder expresar con claridad la intención del mensaje que quieran comunicar. De esta manera, se asume que estarían siendo “conscientes” en la diferenciación e integración del pensamiento multinivel. Por su parte, el

docente en su enseñanza sirve de guía al diferenciar y vincular con claridad los aspectos macroscópico y submicroscópico de la materia, exponiendo estos niveles mediante representaciones semióticas de distintos tipos para que así se vuelvan explícitas a nociones alternativas.

### **La teoría cinética molecular**

El presente estudio no enfatiza en el desarrollo histórico – epistemológico de los gases, sin embargo, no desconoce su importancia dentro de la planeación e implementación de las actividades que representan este contenido, en cuanto a la relevancia de dicho desarrollo en la concepción de la teoría cinético molecular y las leyes de los gases para comprender sus propiedades y comportamientos.

Se considera a la teoría cinético molecular como una serie de postulados a partir de los cuales se describe el comportamiento submicroscópico de las partículas de los gases (átomos y moléculas) con el fin de explicar el comportamiento macroscópico y las leyes experimentales de las sustancias en estado gaseoso. El presente estudio asumirá dicha teoría desde una perspectiva cualitativa y precuantitativa en la que se hace énfasis en las relaciones de proporción que se establecen entre las variables que determinan el comportamiento de un gas (volumen, temperatura y presión), más que en las ecuaciones y cálculos matemáticos que las soportan (Méheut, 1998).

La teoría cinético molecular de los gases considera que están compuestos por moléculas discretas: partículas individuales y separadas. La distancia que existe entre ellas es mayor en comparación con su tamaño y el volumen ocupado por tales corpúsculos es sólo una pequeña fracción del volumen ocupado por todo el gas. Por tanto, al considerar el volumen como el espacio que ocupa un cuerpo, en un gas debe tenerse en cuenta la existencia de un mayor espacio vacío en comparación con otros estados de la materia. También cuando dos o más gases se ponen en contacto se mezclan total y uniformemente en todas sus proporciones, y por eso

cualquier mezcla de gases es homogénea (Cotton et al., 1986). Por tanto, la alta compresibilidad, la baja densidad y la gran miscibilidad de unos con otros, se debe a que entre las partículas de un gas existen grandes espacios vacíos.

La energía cinética es un tipo de energía que posee un cuerpo en virtud de su movimiento mientras que, la temperatura es una medida de la intensidad del movimiento de las partículas (átomos y moléculas), es decir de la energía cinética (Perry et al., 1992). Por tanto, la materia en cualquier estado presenta un movimiento intrínseco. Adicionalmente, la temperatura determina el flujo de calor hacia otro cuerpo o de otros cuerpos hacia él (Petrucchi & Harwood, 1999). Por su parte, la energía cinética se relaciona con la masa y la velocidad de las partículas. Además, un ascenso en la temperatura determina el aumento de la energía cinética de las partículas lo que debilita las fuerzas de atracción intermolecular al elevar el movimiento de estas.

A partir de lo anterior, la teoría cinética permite establecer las siguientes relaciones:

- La energía cinética promedio de las moléculas de distintos gases es directamente proporcional a la temperatura absoluta de la muestra.
- Las moléculas con mayor masa tienen una velocidad promedio mayor a la de las moléculas con menor masa, a la misma temperatura. Así, en una mezcla de gases el promedio de las velocidades de las moléculas al cuadrado, de los diferentes componentes de la mezcla de gases, es inversamente proporcional a las masas de las moléculas.
- La velocidad media de las partículas es directamente proporcional a la temperatura absoluta de estas.
- Las partículas de un gas están en constante movimiento a una velocidad variable, chocando entre ellas y contra las paredes del recipiente que los contenga.

La presión de un gas es una medida del número de choques de las partículas contra el recipiente que las contiene y la gran velocidad del impacto, así, no depende sólo de la fuerza que ejercen los choques de las partículas, sino de la superficie sobre la cual se distribuye esta fuerza (Kane & Sternheim, 2000). La presión en los gases se mide con un aparato llamado manómetro y es proporcional al número de partículas por unidad de volumen, su masa y el cuadrado de la velocidad (Wisniak, 2004).

Por su parte, la presión atmosférica es definida como la presión que ejerce el aire sobre los cuerpos y varía respecto a la altura sobre el nivel del mar, ya que al aumentar ésta, la columna de aire sobre los cuerpos es menor, lo que hace que la presión disminuya. La presión atmosférica normal es la que se mide a cero metros sobre el nivel del mar. Cuando se emplea el manómetro para determinar la presión de un gas, se mide el exceso de presión respecto a la presión atmosférica; si no hay diferencia de presión entre el sistema analizado y el entorno atmosférico o esta es menor, el manómetro señala cero. En este caso se refiere a la presión manométrica.

Por su parte, el número de choques entre las partículas se puede ver afectado por el aumento en la temperatura. Así, como consecuencia del aumento de esta, se intensifica el número de choques lo que se evidencia en el incremento de la presión. De esta manera la presión es el resultado de los choques entre partículas y contra las paredes del recipiente en que se encuentran que se deben a la energía cinética que poseen (Dickerson et al., 1992), sin existir pérdida de dicha energía, es decir los choques son elásticos, las partículas no ganan ni pierden energía cuando chocan entre sí (Chang, 1992)

En conclusión, el comportamiento de los gases se explica a partir del efecto que tienen los cambios de temperatura y presión sobre el movimiento de las partículas. Puesto que, a una determinada temperatura y presión, un mismo número de moléculas de cualquier gas ocupa el mismo espacio, es decir el mismo volumen. Al aumentar la temperatura, estas partículas

adquieren la energía cinética necesaria para moverse más rápidamente, por lo que el número y la velocidad de los choques será mayor, esto hará que las partículas incrementen las distancias entre ellas, ampliando el espacio que ocupan, es decir se amplía el volumen. Esto ocurre en recipientes flexibles o elásticos, ya que, si el recipiente es rígido, sólo la presión del gas aumentará (Sears & Salinger, 1980).

Las leyes de los gases se trabajaron en forma cualitativa y precuantitativa, es decir no se le dio relevancia a los cálculos matemáticos y ecuaciones que las formalizan, sino que sólo se identificaron las relaciones de proporción que se establecen entre las variables para cada ley.

Estas leyes se construyeron a partir del desarrollo operacional, en donde se evoca la experiencia sensorial y el espacio en donde se realizan las operaciones. Para este caso particular, las leyes de los gases no fueron presentadas como tal en su definición teórica, sino que, a partir de la interacción con la observación macroscópica del fenómeno o con lo representado en la simulación. Lo anterior sustentado en lo que, Godino, Beltrán-Pellicer, Burgos, & Giacomone (2017), distinguen como significado informal/cualitativo del estudio de la proporción. Este significado se centra en la comparación multiplicativa de las cantidades que intervienen en los problemas y en la comparación perceptiva. Este proceder se emplea para identificar si existe una relación de proporcionalidad y si esta es directa o inversa. Así, por ejemplo, se pueden usar palabras relacionales como, más o menos que, mayor o menor que, aumenta o disminuye, el mismo o igual. Es decir, se provee una estimación que valide tanto el modo de proceder como el resultado final.

Para esto, se identifican las variables o elementos macroscópicos que participan (volumen, temperatura, presión o cantidad) indicando lo que ocurre con cada uno de estos, o expresando el rol que juega, para posteriormente, relacionarlos entre ellos. Posteriormente, se plantea la relación identificada como directamente proporcional o inversamente proporcional, expresando además la variable que se mantiene constante o no se altera. Al mencionar una

relación directamente proporcional se habla de aquella en la que, al modificar una de las variables, ya sea aumentándola o disminuyéndola, la otra variable se modifica de igual forma. Mientras que, la relación es inversamente proporcional cuando al modificar una variable la otra cambia en forma contraria, es decir si una se incrementa la otra disminuye. Todo esto se realiza tanto en términos macroscópicos como submicroscópicos.

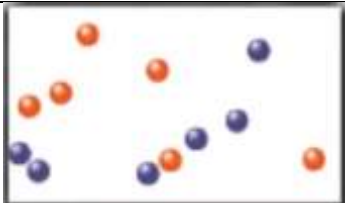
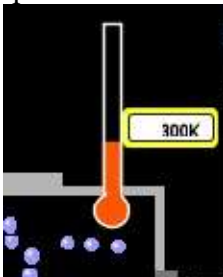
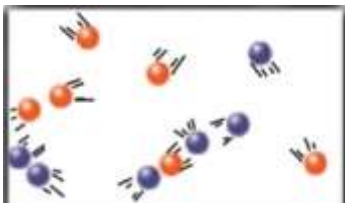
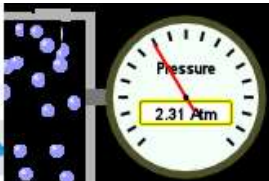
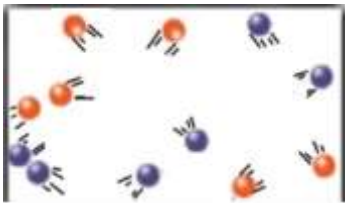
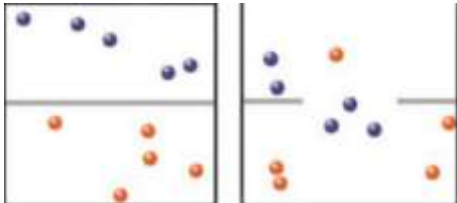
En definitiva, la teórica cinético molecular se trabajó a partir de las siguientes consideraciones (basadas en los postulados de la teoría cinético molecular): una idea general dividida en 4 sub-ideas que se describen a continuación.

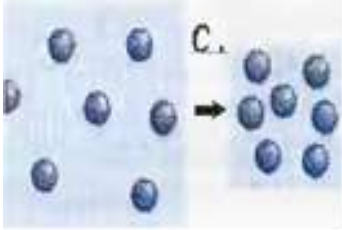
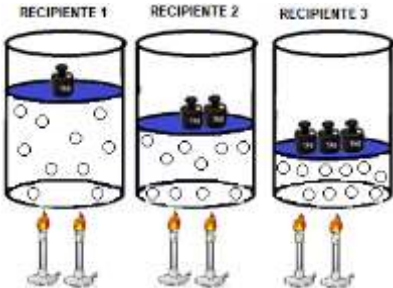
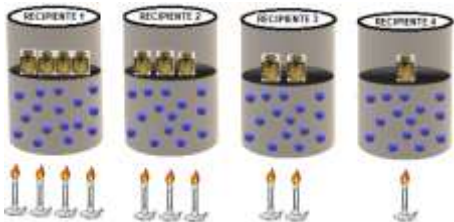
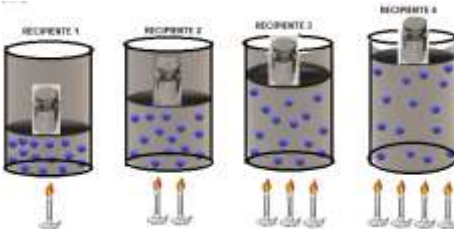
- Gran idea: La teoría cinético molecular describe el comportamiento submicroscópico de las partículas de los gases para explicar el comportamiento macroscópico y las leyes experimentales de los gases desde una perspectiva cualitativa y precuantitativa.
- Sub idea 1: La difusión, expansión, compresión y dilatación son propiedades del comportamiento físico (macroscópico) de los gases.
- Sub idea 2. Las partículas (átomos y moléculas) de los gases ocupan todo el espacio del que dispongan, no presentan fuerzas de atracción ni repulsión intermolecular debido a la presencia de amplios espacios vacíos entre ellas, además poseen una energía cinética intrínseca gracias a la cual se mantienen en constante movimiento rectilíneo, a velocidad variable y chocan constantemente entre sí y contra las paredes del recipiente que las contenga, sin que haya pérdida o ganancia de energía.
- Sub idea 3. El comportamiento macroscópico de los gases depende de características específicas como el volumen, la temperatura, la presión y el número de partículas.
- Sub idea 4. Existen relaciones de proporción entre las variables que afectan el comportamiento de un gas (volumen, la temperatura, la presión y el número de partículas).

Para elucidar la distinción entre los niveles submicroscópico y macroscópico en la Tabla 1 se enumeran comportamientos químicos observables (nivel macroscópico) junto con los modelos explicativos correspondientes utilizados en el nivel submicroscópico y la representación simbólica relacionada (que se usará como patrón puesto que se espera que los estudiantes expongan sus propias formas de representarlo). Esta tabla es una adaptación de la presentada por Bucat & Mocerino (2009) quienes recomiendan: “un uso cuidadoso del lenguaje para distinguir entre estos dos niveles”. Puesto que, consideran que dicha distinción se puede ver nublada por un uso suelto de dicho lenguaje.

**Tabla 1**

*Lenguaje multirepresentacional para la comprensión del comportamiento de los gases.*

| MACROSCÓPICO<br>SIMBÓLICO                                                                                | EXPLICACIÓN<br>SUBMICROSCÓPICA                                                                                                               | SUBMICROSCÓPICO<br>SÍMBÓLICO                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Volumen de un gas<br> | Distancia amplia entre partículas; presencia de grandes espacios vacíos                                                                      |   |
| Temperatura<br>       | Movimiento de las partículas, Intensidad de dicho movimiento.                                                                                |  |
| Presión<br>           | Número de choques de las partículas contra las paredes del recipiente.                                                                       |  |
| Difusión<br>          | Las partículas se mueven o desplazan entre ellas a velocidades diferentes que dependen de la masa de cada partícula y el espacio que ocupan. |  |

| MACROSCÓPICO<br>SIMBÓLICO                                                                                    | EXPLICACIÓN<br>SUBMICROSCÓPICA                                                                                                                                                                                                          | SUBMICROSCÓPICO<br>SÍMBOLICO                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Compresión<br>Expansión<br> | – Disminución o aumento de la distancia entre las partículas o disminución o aumento de los espacios vacíos ocasionado por presión externa.                                                                                             |    |
| Dilatación<br>              | Aumento de la distancia entre las partículas ocasionada por el incremento del movimiento de éstas, ocasionado por una fuente de calor.                                                                                                  |    |
| La relación entre el volumen y la presión a temperatura constante es inversamente proporcional.              | La disminución del espacio entre las partículas ocasionado por una mayor presión externa aumenta el número de choques entre ellas, cuando la intensidad del movimiento es constante.                                                    |   |
| La relación entre temperatura y la presión a volumen constante es directamente proporcional.                 | El aumento en la energía cinética de las partículas genera un aumento en la intensidad del movimiento de éstas aumentando el número de choques entre ellas y contra el recipiente que las contiene a volumen constante.                 |  |
| La relación entre la temperatura y el volumen a presión constante es directamente proporcional.              | Cuando se incrementa la energía de las partículas se ocasiona un aumento en la intensidad del movimiento por lo que las distancias entre las partículas son mayores y pueden ocupar un espacio más amplio si la presión no se modifica. |  |

Adaptación Bucat y Mocerino (2009)

Teniendo en cuenta este lenguaje multirepresentacional macroscópico y submicroscópico, se establecerá un lenguaje común en el aula de clase, donde se podrán incluir conceptos como masa, peso, presión atmosférica, aire, densidad que partan de los modelos mentales que al respecto posean los estudiantes cuando se trata de los gases.

### **Capítulo 3 Diseño metodológico de la investigación**

El presente estudio se enmarca en el campo de la educación en ciencias específicamente en el aula de química. Por tanto, al existir múltiples factores o variables que no se pueden controlar, se orienta esta investigación de perspectiva cualitativa, descriptiva e interpretativa haciendo uso de la teoría fundamentada de Strauss & Corbin (2002).

Así mismo y de acuerdo con los objetivos de investigación este estudio se centra en cómo el uso de las MRE desde la perspectiva del pensamiento multinivel y la semiótica social puede favorecer la comprensión. Dicha habilidad es entendida como la capacidad del estudiante para diferenciar e integrar el pensamiento multinivel al escoger el nivel más adecuado según la demanda de la tarea y emplear MRE para expresarse.

Para esto, se plantea la generación de una teoría naturalística producto del desarrollo de generalizaciones derivadas de un ordenamiento conceptual. A partir de estas, se describen, interpretan y explican las acciones y razonamientos que se dan durante las interacciones estudiante-estudiante y estudiante-profesor cuando están en una transacción de significados y formas de significar alrededor de un fenómeno de la ciencia donde se pueda evidenciar el uso de las MRE para que los estudiantes puedan hacer explícita su comprensión.

#### **Fases de la Investigación.**

El desarrollo del presente estudio se realizó en tres fases en las que se emplearon diferentes métodos y técnicas que permitieron vincular el problema sustentado en el marco teórico con la evidencia empírica que corresponde a los datos obtenidos para poder generar los resultados de la investigación y su respectivo análisis.

Para esto, el presente estudio desarrolla los objetivos específicos de la investigación en tres fases a saber: 1) la planeación de una serie de actividades de aprendizaje utilizando la CoRe, como instrumento metodológico y su implementación con estudiantes de grado once de la Institución Educativa Alfredo Posada Correa; (2) documentación de las acciones y

razonamientos durante las interacciones estudiante – estudiante y estudiante – profesor; y (3) ordenamiento conceptual de la información, análisis y presentación de resultados.

### **La planeación e implementación de actividades de aprendizaje a través del instrumento metodológico de la CoRe.**

La primera fase de la investigación fue la planeación de las actividades de aprendizaje para lo cual se empleó la CoRe (Content Representation) como instrumento metodológico. Esta herramienta, conformada por una serie de interrogantes centrados en las necesidades, particularidades y contexto de los estudiantes, orienta la reflexión y la toma de decisiones curriculares e instruccionales del docente para la enseñanza de un contenido de la ciencia y le otorga fundamentación teórica y metodológica a la secuencia de actividades de aprendizaje puesto que, dichos interrogantes incluyen elementos de enseñanza como las metas de aprendizaje, las dificultades/concepciones alternativas de los estudiantes, recursos curriculares analógicos y digitales apropiados a las necesidades y al contexto, elementos de la pedagogía general y evaluación formativa (Candela, 2017).

Para responder a los doce (12) interrogantes que conforman este instrumento (véase tabla 2) se emplearon referentes curriculares de calidad, artículos sobre la enseñanza y aprendizaje de la ciencia y en específico de la enseñanza de la teoría cinético molecular, el uso de múltiples representaciones externas y semiótica social además de documentos de pedagogía general, didáctica de la ciencia y diseño educativo.

Adicionalmente, se tuvo en cuenta la propuesta didáctica de los cuatro momentos para el uso de representaciones semióticas de Garzón & Rojas (2014). Esto con el propósito de desarrollar y cargar progresivamente la memoria a corto y largo plazo de los estudiantes (siguiendo el modelo de procesamiento de la información de Johnstone, 1991). Según la propuesta de los autores, el aprendizaje se puede ver favorecido si durante el proceso de enseñanza se integran de manera progresiva diferentes representaciones semióticas que

estimulen el procesamiento de la información. Los cuatro momentos se denominan: momento real, momento virtual, momento teórico y momento de aplicación. A esta propuesta se le hizo una modificación puesto que, el momento teórico no se realiza como una etapa independiente, sino que se desarrolla de manera conjunta con el momento real y con el virtual.

**Tabla 2**

*Estructura del instrumento de la CoRe adaptado al constructo CTPC por Candela (2017)*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                 |            |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------|------------|
| ¿Cuáles son las ideas científicas que se encuentran en el centro del tema _____?                                                                                                                                                                                                            |                                                                 |            |            |
| Seleccione entre tres a cinco ideas en las que acostumbre a dividir la enseñanza del concepto                                                                                                                                                                                               |                                                                 |            |            |
| Preguntas pedagógicas                                                                                                                                                                                                                                                                       | Ideas/conceptos importantes en ciencias para un tema específico |            |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Idea n.º 1                                                      | Idea n.º 2 | Idea n.º 3 |
| 1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?                                                                                                                                                                                                                            |                                                                 |            |            |
| 2. ¿Por qué es importante que los alumnos sepan esta idea?                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                 |            |            |
| 3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluye en sus explicaciones a sus alumnos)?                                                                                                                                                                                                |                                                                 |            |            |
| 4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?                                                                                                                                                                                                    |                                                                 |            |            |
| 5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?                                                                                                                                                                                          |                                                                 |            |            |
| 6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?                                                                                                                                                                                                                               |                                                                 |            |            |
| 7. ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?                                                                                                                                                                                          |                                                                 |            |            |
| 8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea?                                                                                                                                                                               |                                                                 |            |            |
| 9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utilizas para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño?                                                |                                                                 |            |            |
| 10. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esta idea).                                                                                                                                                                                       |                                                                 |            |            |
| 11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades? |                                                                 |            |            |
| 12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?                                                                                                                                                                 |                                                                 |            |            |

Fuente: Candela (2017)

Por su parte, la implementación de las actividades planeadas para representar el comportamiento de los gases se llevó a cabo durante la segunda mitad del primer período académico y la primera parte del segundo período de manera 100% virtual. El cronograma institucional se divide en tres períodos académico cada uno con una duración de trece semanas.

Así, la investigación estaba programada para iniciar presencialmente a partir del 16 de marzo. Sin embargo, ese mismo día empezó a regir la medida de aislamiento preventivo para menores de 23 años y mayores de 65 años en atención a la pandemia COVID-19 por lo que ese mismo día los estudiantes fueron enviados a casa y posteriormente el gobierno colombiano decretó el aislamiento obligatorio en todo el territorio nacional.

Por esta razón, el Ministerio de Educación y el gobierno nacional modificaron el calendario académico del año lectivo 2020, por lo que del 16 al 27 de marzo se consideraron semanas de desarrollo institucional y a partir del 20 de marzo y hasta el 20 de abril se decretaron vacaciones para los maestros y por tanto receso estudiantil. Debido a lo anterior se hizo una reestructuración del cronograma y de las actividades. Así, durante las semanas de desarrollo institucional se trasladó dichas actividades a entornos virtuales como la plataforma Classroom empleando formularios de Google y vídeos hechos por la docente y subidos a YouTube.

De esta manera, el presente estudio se implementó con estudiantes de grado once, entre los 15 y los 18 años, pertenecientes a la sede principal de la Institución Educativa Alfredo Posada Correa ubicada en la zona urbana del municipio de Pradera – Valle del Cauca. Es importante aclarar, que debido a los inconvenientes de conectividad y acceso a dispositivos electrónicos tipo portátil o computador de mesa propias del contexto, indispensables para la realización de las actividades y principalmente para el manejo de las simulaciones, se realizó una selección de aquellos estudiantes que cumplieran con los siguientes criterios: 1) tener conexión wifi (internet hogar) en su lugar de residencia puesto que se debía asegurar una buena conectividad salvaguardando la salud e integridad de los estudiantes siguiendo la medida de confinamiento dictaminada por el gobierno nacional de Colombia a partir del día 24 de marzo; 2) tener como mínimo un dispositivo tipo computador de mesa o portátil debido a que las simulaciones a trabajar requerían de la instalación del programa JAVA; 3) contar con el permiso de los padres de familia o acudientes para participar del estudio; 4) tener el tiempo, la

dedicación y el compromiso desde el inicio del estudio hasta el término de este. Esta convocatoria se realizó desde el 01 al 15 de abril del 2020.

Finalmente, se conformó un grupo de nueve estudiantes de grado once de la Institución Educativa Alfredo Posada Correa (año lectivo 2020) que cumplieran con todas las características necesarias para el correcto desarrollo de la implementación con los que se recogieron los datos necesarios para la presente investigación, sin embargo, se aclara que la propuesta se terminó desarrollando a lo largo de todo el segundo período y la primera parte del tercero con más del 90% de los estudiantes de grado once de la mencionada I.E. que tuvieron conectividad y dispositivos que se lo permitieran.

Es conveniente mencionar que el desarrollo virtual de las actividades tiene un efecto importante respecto a los resultados y al desarrollo de la investigación como tal puesto que aquello que inicialmente se había planeado para una intervención presencial tuvo que ser adecuado completamente para el entorno virtual. En atención a esto, se emplearon plataformas virtuales como YouTube para la subida de los vídeos de las situaciones experimentales que inicialmente se había planeado desarrollar en el laboratorio y finalmente fueron realizadas por la docente investigadora, aunque los materiales utilizados eran de fácil consecución o reemplazo y se invitó a los estudiantes a replicar las experiencias en sus hogares, según sus posibilidades particulares.

Así, las situaciones experimentales estuvieron orientadas por la estrategia de enseñanza denominada POE (Predecir, Observar y Explicar), con el fin de brindar a los estudiantes la posibilidad de hacer predicciones, llevar a cabo las observaciones para finalmente construir una comprensión del fenómeno indagado a través de sus explicaciones y haciendo uso de las MRE. Mediante esta estrategia se accede a los modelos mentales usados por los estudiantes para la explicitación de dicha comprensión y, durante los encuentros dialógicos, estos modelos

mentales eran expresados e iban siendo reestructurados por cada estudiante según su criterio o necesidad (Gunstone & White, 1981).

Por su parte, todas las actividades fueron subidas a la plataforma de classroom (código 75poe2q, enlace: <https://classroom.google.com/c/OTExNDczMzgyODha?cjc=75poe2q> ) y los talleres escritos de Predicción, Observación y Explicación (POE) fueron transcritos a formularios de Google. Por su parte, las sesiones de socialización de cada actividad se realizaron empleando la plataforma de ZOOM y se trabajaron las simulaciones PhET de química de la Universidad de Colorado como inicialmente se había planeado. Es de aclarar que estas simulaciones son gratuitas y que algún tiempo después de iniciado el estudio algunas de las simulaciones utilizadas fueron dispuestas en html o corrían sin necesidad del programa JAVA. Lo anterior, facilitó el acceso a estas sin la necesidad de un equipo de cómputo, puesto que se podían trabajar desde cualquier dispositivo smartphone.

De esta manera, la implementación se realizó durante nueve semanas desde el 20 de abril hasta el 15 de junio. Con una intensidad horaria entre 3 a 5 horas semanales. Teniendo en cuenta que se realizaron cinco actividades experimentales, dos simulaciones trabajadas a través de formularios de Google, dos simulaciones interactivas en directo durante el encuentro dialógico virtual y dos talleres de aplicación. Después de dar respuesta a cada actividad experimental, simulación o taller se realizaba la sesión de socialización por tanto en total se realizaron once encuentros usando la plataforma ZOOM.

Así pues, la puesta en escena del conjunto de actividades de aprendizaje se llevó a cabo con una intensidad de 5 horas semanales divididos así: una hora para que los estudiantes respondieran a las preguntas de predicción, observación y explicación dispuestas en el formulario de Google a partir del vídeo de la situación experimental o de simulación según el caso. Para los encuentros dialógicos estudiante-estudiante y estudiante-profesor sobre las ideas expresadas alrededor de la situación experimental o la simulación propuesta, se empleó la

plataforma ZOOM y se dispuso de un tiempo que oscilaba entre una hora y media a dos horas. Cada semana, se intentaba tener dos sesiones para así poder trabajar dos actividades por semana. Sin embargo, esto no pudo ser siempre así debido a problemas de conectividad o de tiempo de los estudiantes puesto que los encuentros se realizaban en contra jornada de manera alterna al trabajo académico virtual de los estudiantes.

Con respecto a la estrategia metodológica inicial, se esperaba poder desarrollar las actividades experimentales y responder a las preguntas de predicción, observación y explicación en pequeños grupos de discusión. Sin embargo, en virtud del trabajo virtual, esta parte fue desarrollada individualmente por cada estudiante para, posteriormente, durante los encuentros dialógicos virtuales, realizar la correspondiente transacción de significados y formas de significar con toda la clase. Así, cada estudiante tenía la posibilidad de exponer sus ideas alrededor del fenómeno, ampliar, aclarar o reestructurar sus respuestas a partir del compartir de ideas con sus demás compañeros y la docente. Desde luego, esta orientación de enseñanza estuvo centrada en el estudiante.

De igual manera, dentro de la gestión del aula se aplicó la técnica del tiempo de espera (Rowe, 1978 citada por Gellón et al., 2018) en la que después de expresar una pregunta a los estudiantes, se les otorga un tiempo de entre 1 a 2 minutos para que tengan la posibilidad de reflexionar respecto a la pregunta. Esto con el fin de que los estudiantes reflexionaran sobre esta para poder elaborar su respuesta, parte esencial para promover el proceso de representación de las ideas de los estudiantes.

### **Fase de documentación de las acciones y razonamientos durante las interacciones estudiante- estudiante y estudiante - profesor**

Esta fase da respuesta al segundo y tercer objetivo específico y se llevó a cabo para la recolección de datos de naturaleza cualitativa. Para esto se emplearon fuentes documentales como la observación participante, el registro de audio y video de los encuentros dialógicos

virtuales a través de la plataforma ZOOM y los trabajos escritos de los estudiantes consignados en formularios de Google puesto que la intervención educativa se realizó en tiempos de la pandemia COVID-19, por lo que esta se realizó en un entorno 100% virtual. Esta determinación confiere a los resultados y a las conclusiones un alto nivel de confiabilidad y veracidad al realizar una triangulación por fuente.

***Observación participante.*** En este estudio la docente investigadora hizo parte del desarrollo de la indagación lo que le permitió ser partícipe de los acontecimientos enmarcados en la investigación propuesta. Así, el observar e interactuar con los sujetos en un medio natural permitió la consolidación del diseño, implementación, organización y análisis de la serie de actividades de aprendizaje con el propósito de recoger la información que, después de ser interpretada, dio solución al interrogante del estudio. Según Stake (1998) esta técnica de recolección de datos permite a las investigaciones de perspectiva cualitativa e interpretativa “registrar los acontecimientos para ofrecer una descripción relativamente incuestionable” (p. 58).

***Registro de video y audio.*** Esta herramienta se empleó con el propósito de evidenciar físicamente el proceso de implementación del presente estudio. En atención a la pandemia COVID 19, los encuentros dialógicos necesariamente emplearon el uso del audio y video puesto que fue el medio para poder llevar a cabo esta actividad. La grabación de estas sesiones permitió observar las acciones, decisiones, actitudes, dificultades, desarrollo y avance del uso del pensamiento multinivel, así como dar cuenta de la reflexión y reestructuración de las ideas que surgieron durante el desarrollo de esta investigación. Lo que ayudó a responder al primer y segundo objetivo del presente estudio.

***Trabajos escritos de los estudiantes.*** Estos documentos fueron dispuestos en la plataforma de Classroom usando formularios de Google. Fueron diligenciados por los estudiantes de manera individual previo a la realización de las sesiones (se recomendaba 1 día

de anterioridad) y era en torno a esta información que se desarrollaban los encuentros dialógicos, siendo fundamentales puesto que alrededor de estos escritos se realizó la transacción de significados. Así, tanto los escritos como las representaciones elaboradas por los sujetos dan cuenta de sus modelos mentales y a partir de estos se determinaron las estrategias pedagógicas más apropiadas para promover la reflexión y reestructuración de las ideas además ir evidenciando el avance de los estudiantes a medida que se realizaban las actividades propuestas.

### **Fase de análisis y ordenamiento conceptual de la información**

Para la primera fase por medio de la cual se dió alcance al objetivo de planeación de actividades, se empleó el análisis de información. Este tipo de análisis se centra en un contexto específico, produce datos relevantes y la síntesis de la información evaluada lo que posibilita el uso, relación y manejo de conceptos además permite establecer los nexos entre la información procesada y el conocimiento disponible con lo que se da solución a un problema, facilitando así la toma de decisiones.

Para la segunda fase, que da alcance al segundo y tercer objetivo, se siguió el método de la teoría fundamentada (Strauss & Corbin, 2002) empleando el software ATLAS.ti V8. con el fin de construir una teoría de carácter naturalístico que describe, interpreta y explica las acciones y razonamientos durante las interacciones estudiante-estudiante y estudiante-docente para responder la pregunta de investigación. Así, dicha construcción está ligada directamente a los procesos que emplea cada participante para expresar su comprensión dependiendo así de las vivencias y la subjetividad que caracteriza a cada uno. Si bien dicha teoría no tiene el carácter de generalización universal se considera que puede dar orientaciones a otros investigadores y sobre todo a los docentes que estén interesados en propuestas como la presente.

## **Capítulo 4 Organización y análisis de datos**

El análisis de los datos de la presente investigación fue orientado por el marco teórico, el problema y los objetivos. En este sentido se realizó en dos etapas: la primera corresponde al alcance del primer objetivo relacionado con el diseño e implementación de las actividades de aprendizaje sustentadas en el uso de las MRE con las que se representó el comportamiento de los gases. Mientras que, en la segunda etapa se muestra el alcance de los objetivos 2 y 3 en los que se documentan las acciones y razonamientos que ocurren durante las interacciones entre los estudiantes y el profesor y se valora cómo el uso de las MRE desde la perspectiva del pensamiento multinivel y la semiótica social favorece la comprensión. Esto se realiza a través de una serie de generalizaciones naturalísticas que producen una teoría cuyas ideas se formulan de manera lógica, sistemática y explicativa alrededor de la pregunta de investigación ¿cómo el uso de las MRE favorece la comprensión del comportamiento de los gases. Esto resulta de aplicar las técnicas y procedimientos de la teoría fundamentada (Strauss & Corbin, 2002), para lo cual se utilizó el software ATLAS.ti V8.

### **Análisis para la planeación de actividades basadas en MRE para representar el comportamiento de los gases**

Para poder dar respuesta a los 12 ítems de la CoRe se realizó un análisis de información. Por medio de esta técnica se establecieron criterios de inclusión y exclusión a una serie de unidades de muestreo, contexto y registro que representan marcos teóricos de orden general y específico relacionados con el uso de MRE para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias y en especial de la química. Dichos criterios fueron determinados a partir de la necesidad específica de dar respuesta a cada uno de los interrogantes planteados por la CoRe, teniendo en mente el problema de investigación y el marco teórico además del contexto y las características propias del estudio, del docente y de los estudiantes. Finalmente, se escogen aquellas fuentes documentales que cumplían todos los criterios que se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3**  
*Criterios empleados para el análisis de información.*

| <b>CRITERIOS DE INCLUSIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Criterio 1. Tipo de trabajo: Artículos de revistas de educación, capítulos de libro, libros, informes y tesis de maestría o doctorales, documentos reglamentarios sobre ciencias naturales del MEN Colombia, Simuladores o animaciones sobre comportamiento de gases.</p> <p>Criterio 2. Palabras clave: educación en ciencias, uso de representaciones, recursos semióticos para la enseñanza, enseñanza de la química, dificultades de aprendizaje relacionados con la química, enseñanza de los gases o la teoría cinético molecular, uso de ideas previas para la enseñanza, estrategias didácticas o de enseñanza, niveles de representación de la química, el lenguaje en el aula.</p> <p>Criterio 3. Accesibilidad. Que pudieran ser descargados de internet u obtenidos en biblioteca virtual o física. Así mismo, en el caso de los simuladores, estos debían ser de fácil acceso o consecución.</p> <p>Criterio 4. Idioma: Escritos en inglés o español.</p> |
| <b>CRITERIOS DE EXCLUSIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>Criterio 1. Tipo de trabajo: Noticias de divulgación en formato Magazine, actas de congresos, documentos reglamentarios del MEN de otros países o de otras áreas. Simuladores o animaciones de áreas diferentes a la química y al tópico específico.</p> <p>Criterio 2. Palabras clave: no relacionados directamente con las palabras clave o que la información presentada no aportara a dar respuesta a las preguntas de la CoRe.</p> <p>Criterio 3. Accesibilidad: Aquellos que no pudieron ser obtenidos por la investigadora. En el caso de los simuladores, aquellos que requerían de características que no se adecuaban a las posibilidades del usuario.</p> <p>Criterio 4. Idioma: Escritos en idiomas diferentes al inglés o español.</p>                                                                                                                                                                                                                    |

Fuente: elaboración propia

Las unidades de análisis que cumplieron con todos los criterios de inclusión fueron un total 21 documentos de los cuales 3 fueron libros, 11 artículos de investigación, 3 tesis de maestría y 4 documentos oficiales del MEN Colombia (lineamientos curriculares, estándares básicos de competencias en ciencias naturales, DBA de ciencias naturales y fundamentación de los DBA para ciencias naturales). De estas unidades de análisis 4 artículos estaban escritos en inglés y 17 en español. De igual manera se emplearon tres simuladores PhET de la Universidad de Colorado (<https://PhET.colorado.edu/es/>) relacionados con gases para la representación del nivel submicroscópico asociado, un simulador de la ley de Boyle (Educaplus, 2020). Como producto de este proceso de análisis se obtuvo la CoRe que debido a su extensión se presentará en la sección de anexos de este informe de investigación.

### **Análisis de datos cualitativos para el desarrollo de las generalizaciones naturalísticas que apoyan la teorización**

Para el análisis cualitativo se empleó la teoría fundamentada de Strauss y Corbin (2002), a partir de los datos obtenidos durante la implementación de las actividades, por medio de la observación participante, las grabaciones de audio y video de las sesiones virtuales y los trabajos escritos de los estudiantes. Lo anterior le otorga validez y confiabilidad a la investigación.

Así pues, los datos obtenidos de los vídeos, escritos y representaciones de los estudiantes fueron descompuestos en pequeñas unidades de análisis importantes para la investigación codificando así los momentos considerados claves a la luz de lo planteado en el problema de investigación y el marco teórico. Por tanto, la teorización inició con el ordenamiento conceptual de los datos mencionados mediante la formulación de preguntas y comparación constante entre cada unidad de análisis (palabras, frases, párrafos, segmentos de vídeo, dibujos o diálogos). Esto se realiza con el fin de determinar las propiedades que estas

poseen dando como resultado un conjunto de códigos que fueron apoyados en memos para explicitar las reglas de codificación que conforman la bitácora de análisis empleada para desarrollar las generalizaciones naturalísticas. Este proceso corresponde a la codificación abierta.

Entonces, un código puede ser una frase o palabra que resuma el significado del evento que representa. Así, se considera una representación abstracta de factores considerados significativos según el estudio. Cuando de las unidades de análisis no surgieron nuevos códigos se consideró que se había llegado al punto de saturación y se procedió a la categorización (Strauss y Corbin, 2002).

Al terminar de codificar las unidades de análisis, se analizó la tabla de coocurrencia que se obtiene a partir del programa ATLAS.ti. Considerando que la coocurrencia se presenta cuando dos o más códigos coexisten en una misma cita, es decir, cuando cada código codifica una parte de la cita al encontrarse en contacto físico o cuando codifican la misma cita. Estos vínculos permiten explicitar las conexiones sutiles que emergen entre códigos y categorías. Así, la coocurrencia, responde a operadores de proximidad como: “dentro de”; “encierra”; “superpone a” y “superpuesto por”, que son empleados para conectar los códigos de forma lógica de tal manera que se pueda explicar la relación que se establece entre ellos. De igual forma, se obtiene un coeficiente que varía de 0 a 1; así a mayor valor del coeficiente, se presenta una mayor intensidad de la relación de coocurrencia entre los códigos.

A partir del análisis de estas coocurrencias se identificaron las características comunes entre ellas para agruparlas bajo una misma etiqueta estableciendo relaciones semánticas entre códigos que responden a una parte singular de la investigación. De esta manera, el proceso analítico de agrupación y reagrupación del conjunto de códigos y subcategorías que poseen atributos similares permite la formulación de etiquetas de mayor grado de generalización o abstracción denominadas categorías. A este proceso se le denomina codificación axial. Así,

estas agrupaciones permitieron establecer explicaciones más amplias y enriquecidas al asociar las unidades de análisis que juegan un papel clave ya que facilitan la integración de la teoría en los datos para mejorar el poder analítico y explicativo de la información recogida en la investigación. Para la codificación axial el programa ATLAS.ti. tiene la función de crear redes de las relaciones conceptuales que representan esquemas explicativos, mas no jerárquicos, de las categorías y sus subcategorías en función de las relaciones entre familias de códigos o anotaciones (San Martín, 2014).

Por tanto, se inició con un total de 32 códigos que fueron reducidos a 26 al presentarse redundancia y, finalmente, se formaron las siguientes categorías: Aula como comunidad de aprendizaje, dificultades y limitaciones y uso del pensamiento multinivel. Esta última categoría agrupa una serie de subcategorías teniendo en cuenta que, según Strauss & Corbin (2002) una subcategoría también es una categoría, que responde a preguntas sobre esta tales como: quién, cómo, dónde, por qué, cuando y con qué consecuencias, dando así a los conceptos un mayor poder explicativo. Así la categoría pensamiento multinivel presenta 5 subcategorías que son uso del nivel macroscópico, uso del nivel simbólico, uso del nivel submicroscópico, diferenciación e integración de los tres niveles de representación y establecimiento de relaciones semánticas entre estos niveles (véase Tabla 4).

Ahora bien, a pesar de que las categorías obtenidas poseen propiedades diferentes convergen en varios aspectos relacionados con el uso de distintas formas de representación a través de las cuales los estudiantes expresaban su forma de comprender las experiencias asociadas al fenómeno del comportamiento de los gases. Lo anterior se evidencia en que cada una de las categorías hace referencia al uso de una o varias de estas MRE lo que responde a la pregunta de investigación y el objetivo general.

**Tabla 4**

*Categorías, subcategorías y códigos*

| CATEGORÍAS                         | SUBCATEGORÍAS                                                                                               | CÓDIGOS                                                                        |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| USO DEL PENSAMIENTO MULTINIVEL     | USO DEL NIVEL SIMBOLICO                                                                                     | USO INCIPIENTE DEL NIVEL SIMBÓLICO (Gr=70)                                     |
|                                    |                                                                                                             | RECONOCE MAGNITUDES Y UNIDADES DE MEDIDA (Gr=29)                               |
|                                    |                                                                                                             | RECONOCE Y USA CONVERSIONES Y SÍMBOLOS (Gr=48)                                 |
|                                    |                                                                                                             | NIVEL SIMBOLICO (Gr=29)                                                        |
|                                    | USO DEL NIVEL SUBMICROSCÓPICO                                                                               | REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA DE ELEMENTOS SUBMICROSCÓPICOS (Gr=55)                 |
|                                    |                                                                                                             | ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES CAUSALES ABSTRACTAS (Gr=178)                     |
|                                    |                                                                                                             | IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS SUBMICROSCÓPICOS QUE SUBYACEN AL FENÓMENO (Gr=174) |
|                                    |                                                                                                             | NIVEL SUBMICROSCÓPICO (Gr=59)                                                  |
|                                    | USO DEL NIVEL MACROSCÓPICO                                                                                  | LAS EXPLICACIONES COMO DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA. (Gr=92)                       |
|                                    |                                                                                                             | REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA DE ELEMENTOS MACROSCÓPICOS (Gr=42)                    |
|                                    |                                                                                                             | ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES CAUSALES CONCRETAS Y FÁCTICAS (Gr=68)            |
|                                    |                                                                                                             | IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS MACROSCÓPICOS DEL FENÓMENO (Gr=195)                |
|                                    |                                                                                                             | NIVEL MACROSCÓPICO (Gr=79)                                                     |
|                                    | DIFERENCIACIÓN E INTEGRACIÓN DE LOS TRES NIVELES DE REPRESENTACIÓN (Gr=168)                                 |                                                                                |
|                                    | ESTABLECIMIENTO DE RELACIONES SEMÁNTICAS ENTRE LOS TRES NIVELES DE REPRESENTACIÓN (Gr=108).                 |                                                                                |
| AULA COMO COMUNIDAD DE APRENDIZAJE | ESTRATEGIAS PEDAGOGICAS Gr=105)                                                                             |                                                                                |
|                                    | USO DE LENGUAJE COMÚN (Gr=73)                                                                               |                                                                                |
|                                    | REFLEXIÓN Y REESTRUCTURACIÓN (Gr=116)                                                                       |                                                                                |
|                                    | COPARTICIPACIÓN (Gr=155)                                                                                    |                                                                                |
| DIFICULTADES Y LIMITACIONES        | USO DE LENGUAJE COTIDIANO (Gr=24)                                                                           |                                                                                |
|                                    | USO DE MODELO MENTAL ALTERNATIVO (Gr=50)                                                                    |                                                                                |
|                                    | USO DE MODELO SINTÉTICO (Gr=56)                                                                             |                                                                                |
|                                    | DIFICULTAD CON EL USO DEL NIVEL SUBMICROSCÓPICO (Gr=87)                                                     |                                                                                |
|                                    | DIFICULTAD PARA CODIFICAR O DECODIFICAR UNA REPRESENTACIÓN EXTERNA (Gr=93)                                  |                                                                                |
|                                    | MANIFIESTA FALTA DE CONCENTRACIÓN, COMPRENSION E INTERPRETACIÓN DE LA PREGUNTA O USO DEL FORMULARIO (Gr=34) |                                                                                |

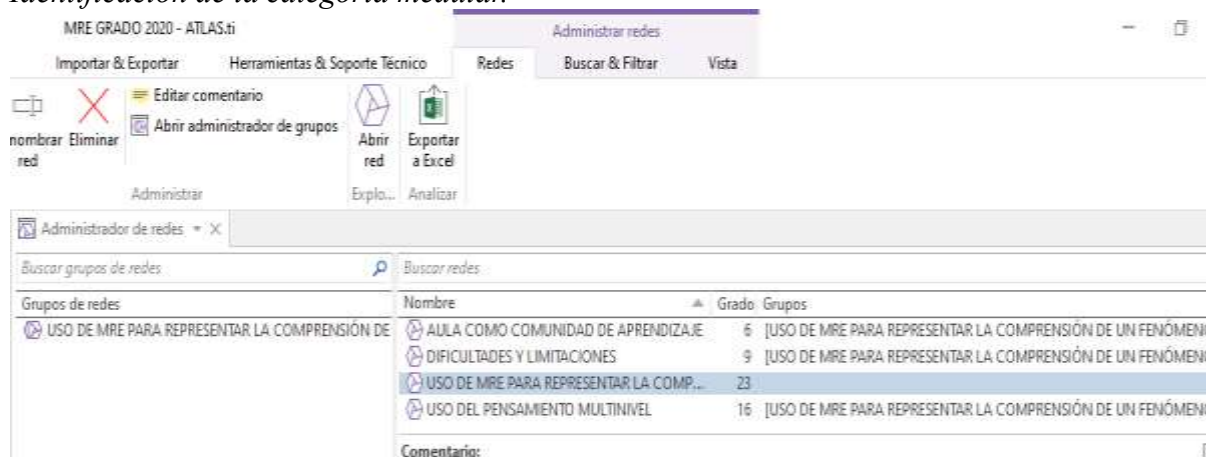
Fuente: elaboración propia. Gr: indica el enraizamiento o número de citas que evidencia el código.

Así, para poder sustentar las relaciones que existen entre las categorías, teniendo en cuenta el eje central de la investigación se debe establecer una categoría medular. De esta forma, se consideró que la proposición que engloba lo relacionado con la investigación es el uso de MRE para representar la comprensión sobre el comportamiento de las sustancias gaseosas. Así, después de establecer y analizar las relaciones entre las categorías, el software proporciona el grado o número de relaciones establecidas lo que permite identificar la categoría mejor fundamentada es decir aquella que posea un mayor número de relaciones. A mayor frecuencia,

mayor es el significado o el valor de la categoría de estudio, es decir que sus propiedades son de gran importancia en la resolución del problema de investigación. A partir de estos resultados se determinó que la categoría medular era uso de MRE para representar la comprensión de un fenómeno con un total de 23 relaciones (véase Figura 3).

**Figura 3**

*Identificación de la categoría medular.*



Fuente: Programa ATLAS.ti. V8.

Este es el último paso de la teoría fundamentada de Strauss y Corbin (2002) conocido como teorización ó codificación selectiva. Es así como, después del establecimiento de los puentes de comunicación y vínculos entre las categorías se constituye y fundamenta la categoría medular del estudio. A partir de esto, se construyen las generalizaciones naturalísticas que se integran y relacionan con la categoría medular (véase Tabla 5).

**Tabla 5**

*Generalizaciones naturalísticas.*

| Categoría medular                                         | Categorías                         | Generalizaciones naturalísticas                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Uso de MRE para representar la comprensión de un fenómeno | Aula como comunidad de aprendizaje | El uso de las MRE para representar la comprensión del comportamiento de los gases se promueve y desarrolla en un aula de química concebida como una comunidad de aprendizaje desde la perspectiva de la semiótica social.          |
|                                                           | Uso del pensamiento multinivel     | El uso de las MRE desde la perspectiva del pensamiento multinivel promueve la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química por medio del establecimiento de relaciones semánticas entre estos. |
|                                                           | Dificultades y limitaciones        | El uso de MRE para representar la comprensión del comportamiento de los gases puede ser obstaculizado por dificultades y limitaciones generales y específicas de cada estudiante.                                                  |

Fuente: elaboración propia

Las categorías identificadas se describirán a continuación:

Aula como comunidad de aprendizaje. Esta categoría resulta de la relación establecida entre tres códigos: 1) uso de lenguaje común; 2) coparticipación, reflexión y reestructuración; y 3) estrategias pedagógicas. Esta categoría se concibe como el espacio en el que los estudiantes y el profesor interactúan en una transacción de significados y formas de significar a partir de los cuales se establece lo que se denomina lenguaje común. Esto debido a que se consideran los vínculos entre el lenguaje científico y el lenguaje cotidiano. En el aula se reconoce las bondades de cada uno, se diferencian y se establecen unas normas o reglas de uso de uno u otro según el contexto de la situación que se esté discutiendo o que se deba explicar.

Por otra parte, esas interacciones a las que se les denominó coparticipación, porque se establecen diálogos entre todos los miembros del aula, conforman el espacio donde se comparten ideas entre estudiante – estudiante y estudiante – profesor con un uso de la palabra respetuoso que no es otorgado por ningún miembro en particular, sino que es autorregulado. Esta característica, propia de una comunidad de aprendizaje, se apoya en la visión constructivista sociocultural vygotskyana donde el estudiante construye conocimiento a partir de la participación dentro de una comunidad de aprendizaje. Por tanto, la posibilidad de aprender y trabajar con otras personas en dicho contexto favorece el desarrollo de habilidades de comunicación en distintos formatos y compartir lo aprendido con otros estableciendo acuerdos consensuados de las distintas formas de representar sus ideas. Bajo esta consideración, se establece como meta el fortalecimiento de una cultura de aprendizaje donde existen esfuerzos compartidos para alcanzar la comprensión.

Esta se considera una estrategia de gestión del aula que fue evidenciada por los estudiantes reconociendo un valor importante que facilitaba lo que le denominamos reflexión y reestructuración. Este importante proceso, muy destacado por los estudiantes, se consideró como relevante en la medida en que se les daba la oportunidad de regular su conocimiento no

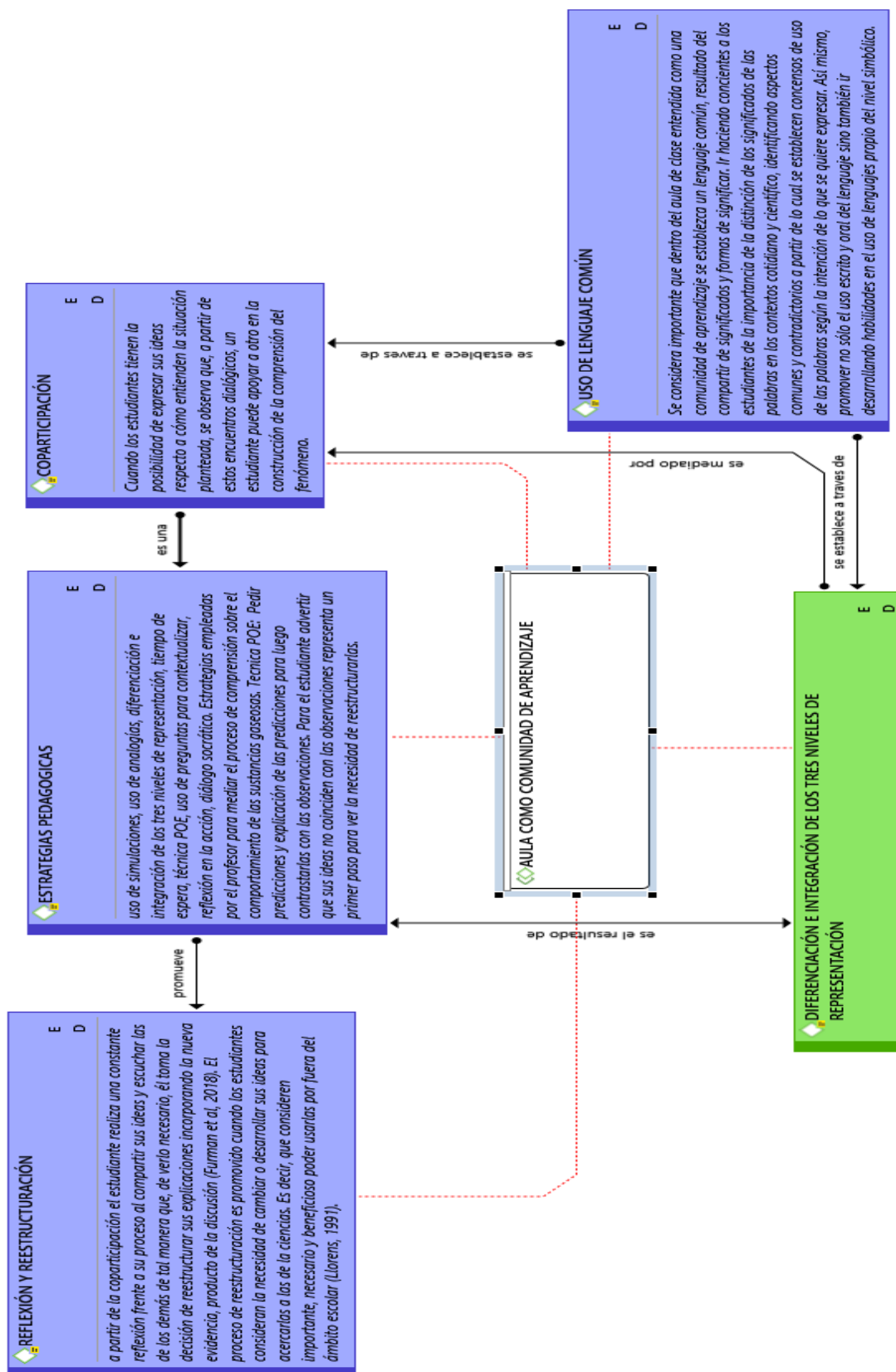
sólo al reconsiderar sus expresiones, lenguaje utilizado y la explicación dada sino teniendo en cuenta lo expuesto por sus compañeros y por el docente en un ambiente de apoyo y libre de amenaza (Candela, 2018). Definitivamente, el proceso de co-construcción de conocimiento motiva la indagación y la reflexión puesto que los estudiantes son apoyados en el hacer y están a la espera de la retroalimentación no sólo del docente sino del uno al otro. Bajo este enfoque, el “error” se convierte en una oportunidad para desarrollar una mejor comprensión.

Lo anterior es mediado por estrategias pedagógicas que son utilizadas por el docente para guiar el proceso y encausar el diálogo en aquellos momentos en los que se generen distracciones o motivar la conversación cuando hay silencios demasiados largos; así mismo en aquellas circunstancias en las que un estudiante necesita apoyo para esclarecer sus ideas o requiere de una explicación teórica. Así mismo, se emplean distintos recursos semióticos que apoyan a los estudiantes a superar sus limitaciones o dificultades. Entre estos recursos se emplean simulaciones, animaciones para disminuir el nivel de abstracción que presentan algunos conceptos; adicionalmente, se hace uso de situaciones experimentales en las que el estudiante puede expresar en forma verbal, escrita o gráfica sus modelos mentales.

Por último, se vincula el código diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química porque se observa que esta importante acción o habilidad es promovida o mediada durante la coparticipación y es resultado de la reflexión y la reestructuración. En la Figura 4 se pueden observar los vínculos establecidos.

Figura 4

Red de relaciones de la categoría: Aula como comunidad de aprendizaje.



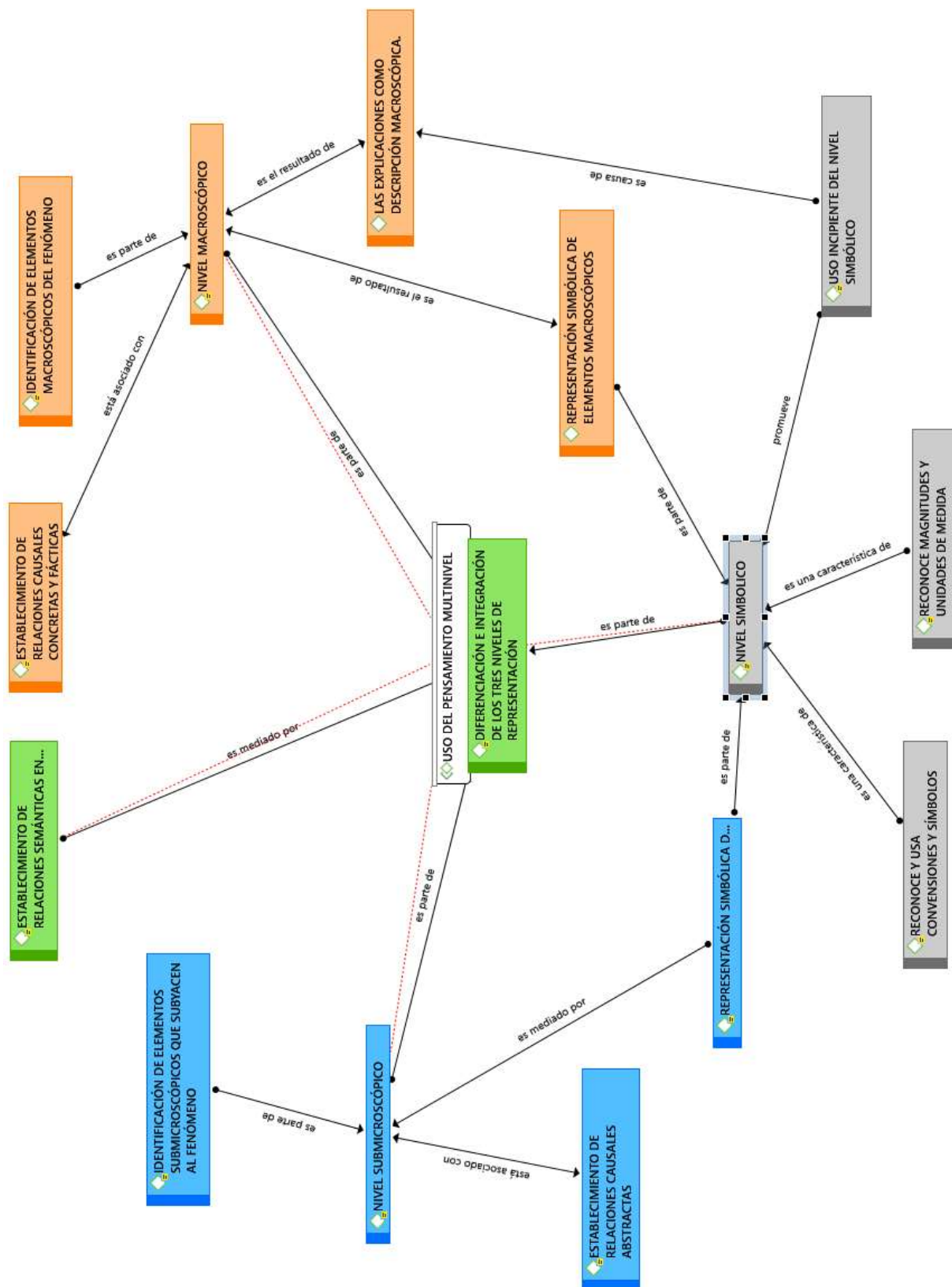
Fuente: Elaboración propia basada en el programa ATLAS.ti. V8.

Por otra parte, la categoría denominada uso del pensamiento multinivel, se compone de cinco subcategorías, tres de las cuales está compuesta por grupos de códigos teniendo en cuenta que las subcategorías responden a cierto tipo de preguntas. Para el caso particular estas preguntas se relacionaron con la identificación de características particulares de los elementos que lo componen (nivel macro, submicro y simbólico), cuál es la funcionalidad de cada uno y cómo se diferencian e integran a la hora de expresar la comprensión. Así mismo, establecer relaciones semánticas entre estos.

En esta categoría se vinculan las subcategorías: uso de nivel macroscópico, uso del nivel submicroscópico y uso del nivel simbólico en la medida en la que éstos contienen las principales características de los niveles de representación de la química propuestos por Jhonstone (1991). El pensamiento multinivel reúne estas propiedades para finalmente conformar aquello a lo que se le denominó diferenciación e integración de los tres niveles de representación puesto que esto refleja uno de los factores más significativos del estudio en la medida en la que se promueve que el estudiante sea capaz de diferenciar los tres niveles no sólo a partir de sus características y elementos diferenciales sino a través de la distinta función o poder explicativo que tiene cada uno en la comprensión de un fenómeno de la ciencia. En este sentido, cuando el estudiante es capaz de reconocer la potencialidad y restricción de cada nivel, al escoger aquel que sea más apropiado según la demanda de la tarea además de expresar la intencionalidad y las razones de su elección, se dice que está “moviéndose en forma consciente” entre cada uno de los mencionados niveles. Por tanto, el establecimiento de relaciones semánticas entre ellos y su diferenciación e integración termina configurando el uso del pensamiento multinivel (véase Figura 5).

Figura 5

Red de vínculos de la categoría: Uso del pensamiento multinivel.



Fuente: elaboración propia basada en el programa ATLAS.ti V8.

La siguiente categoría llamada dificultades y limitaciones está conformada por aquellos códigos que representan los factores que pueden obstaculizar no sólo el proceso de aprendizaje en general sino el uso de las MRE en específico. En este sentido se establece que las dificultades para usar el nivel submicroscópico es una de las principales barreras que se debe superar al emplear propuestas como la planteada en este estudio. Esto se relaciona directamente con el carácter abstracto de la ciencia en la medida en que muchas nociones son construcciones teóricas producto de la elaboración de modelos que surgen de las representaciones mentales del sujeto. Introducir este aspecto en el aula genera dificultad en la medida en que los estudiantes sean incapaces de reconocer el carácter inventado de las ideas y las doten de la misma realidad de las observaciones (Pozo et al., 1991).

Lo anterior puede producir modelos mentales alternativos que configuran una serie de ideas producto de las experiencias cotidianas amplia y exitosamente utilizadas por los estudiantes para resolver los problemas de su diario vivir, que además son compartidas y validadas por los miembros cercanos a ellos por lo que terminan siendo muy difíciles de reestructurar a menos que dentro de su comunidad de aprendizaje se empiece a ver la necesidad y la utilidad de su reestructuración siendo aplicable no sólo al contexto educativo sino pudiendo extrapolarla a otros espacios de su vida cotidiana. Es en estos espacios en los que el uso del lenguaje cotidiano se debe considerar más que un obstáculo una posibilidad para que, a partir de la coparticipación y el establecimiento del aula como una comunidad de aprendizaje, el estudiante vea las ventajas de establecer un lenguaje común y no se sienta obligado a renunciar al lenguaje que ha empleado exitosamente durante toda su vida e identifique que el lenguaje científico es más cercano de lo que muchas veces se muestra.

Sin embargo, es crucial hacer consciente al estudiante de hacer esta diferenciación y desarrollar la capacidad de escoger las situaciones y contextos en los que se debe emplear uno u otro puesto que puede surgir lo que se ha denominado modelos sintéticos (Vosniadou, 1994)

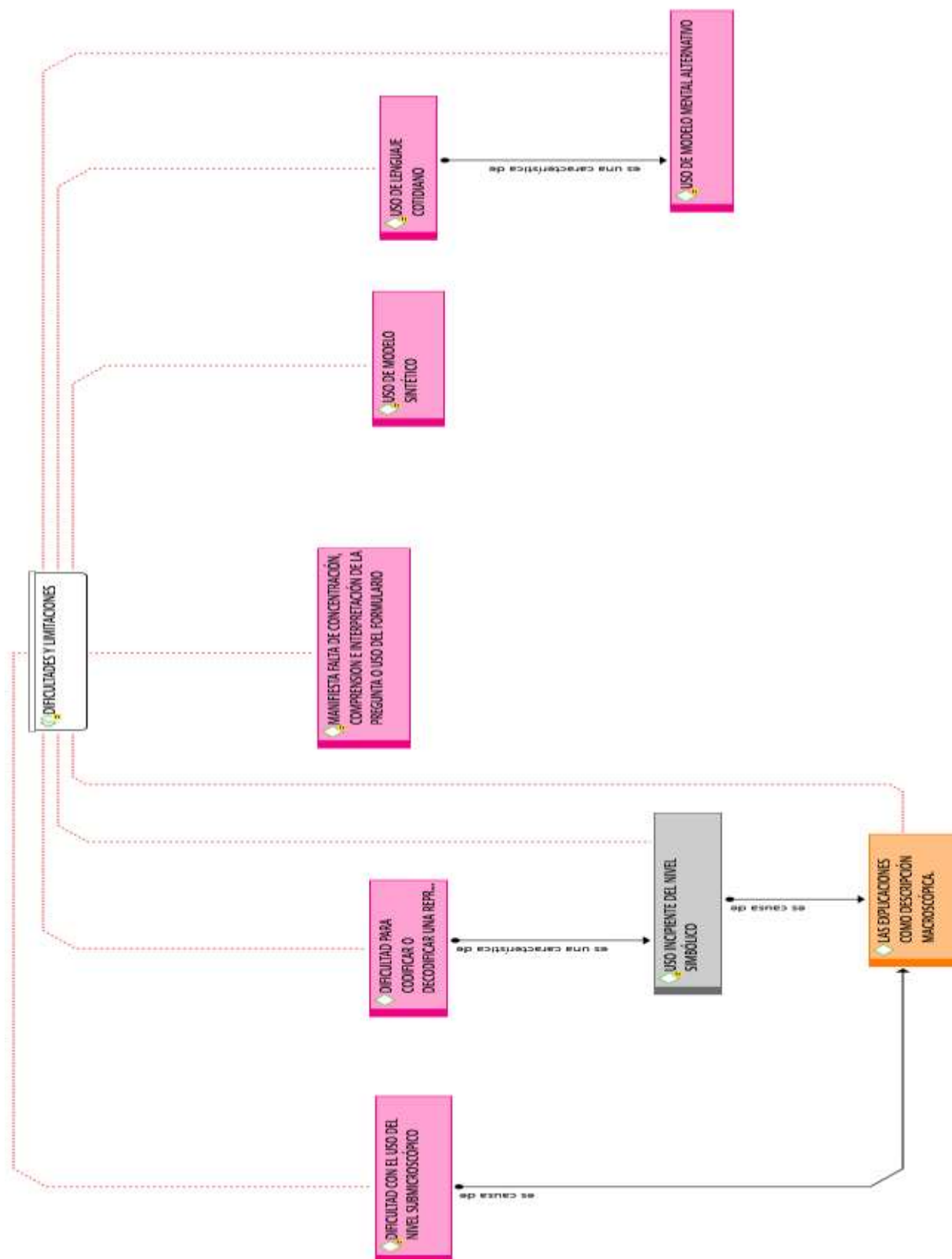
que, según la autora se refieren a aquellos intentos que hacen los estudiantes por conciliar sus modelos mentales con los modelos de la ciencia.

Así mismo, se muestran las dificultades que tienen los estudiantes para codificar y decodificar las representaciones, dificultad ampliamente reconocida por diferentes autores y que se relaciona con la poca habilidad de los estudiantes para usar, identificar y reconocer el significado de símbolos, convenciones y demás representaciones empleadas por los científicos y que representan el lenguaje que estos emplean para comunicar.

Por último, se identificaron dificultades generales como la distracción, la falta de compromiso, comprensión, interpretación y manejo de herramientas virtuales que tienen los estudiantes y que obstaculizan su efectividad o eficacia en el desarrollo de sus explicaciones escritas, verbales y de representación icónica. De esta forma se muestran las relaciones establecidas entre los códigos que conforman la tercera categoría (véase Figura 6).

**Figura 6**

*Red que conforma la categoría: limitaciones y dificultades.*



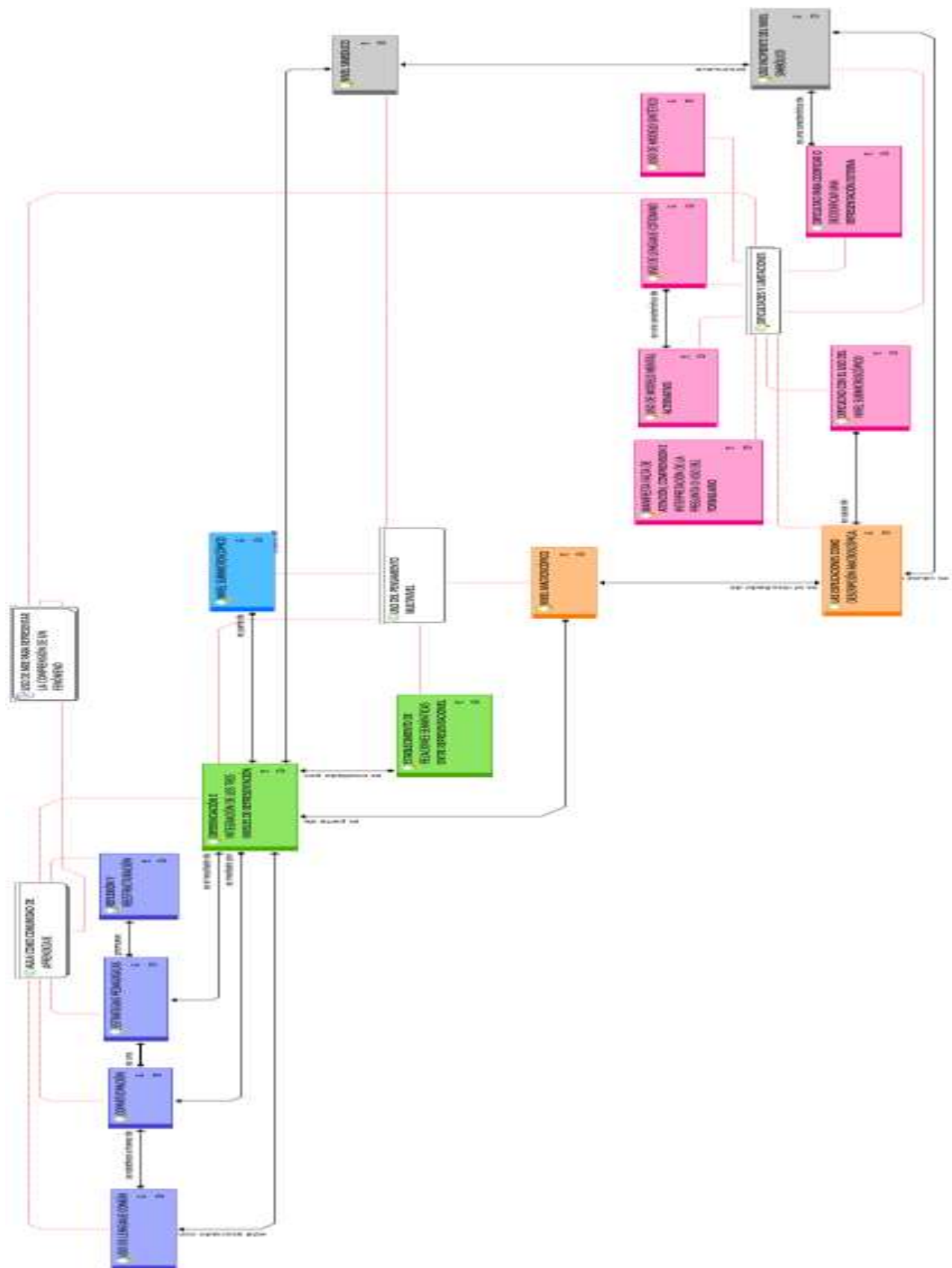
Fuente: elaboración propia basada en el programa ATLAS.ti V8.

Finalmente se presenta la categoría medular que además de tener una de las mayores densidades, es decir está respaldada por un alto número de citas, también es la que se vincula semánticamente con todos los códigos, subcategorías y categorías por lo que representa el factor más relevante que da respuesta a la pregunta de investigación del presente estudio. Esta categoría denominada uso de MRE para representar la comprensión del comportamiento de los gases, fue llamada de esta manera debido a que las unidades de análisis inicialmente vinculadas a esta son aquellas en las que los estudiantes emplean mínimo dos de los niveles de representación de la química siendo capaces de reconocer su utilidad y relación semántica, pudiendo así representar su comprensión sobre el fenómeno a través de diferentes representaciones ya sea de tipo verbal, escrito, icónico o a través de la simulación.

Se valora la intención y el éxito del estudiante al expresarse usando el mayor número de representaciones ya sea por sí mismo al responder individualmente las preguntas planteadas en los formularios de Google o con apoyo de sus compañeros durante los encuentros dialógicos. Es así como, su comprensión durante las sesiones virtuales en el momento de la coparticipación fue expresada en forma oral o escrita durante la sección de predicción como resultado del uso de la técnica POE. Esta comprensión puede ser expresada después de un proceso de reflexión y reestructuración con apoyo de las estrategias pedagógicas más apropiadas utilizadas por la profesora a partir del reconocimiento que se hizo de los modelos mentales de los estudiantes.

Desde esta perspectiva, se evidencia la importancia de comprometer a los estudiantes con la diferenciación e integración de distintos registros semióticos que hayan desarrollado a partir de experiencias concretas y abstractas en una comunidad de aprendizaje. Donde se consideren las distintas dificultades y limitaciones que haya lugar involucrando estrategias que apoyen en la superación de estas empleando MRE (véase Figura 7)

**Figura 7** Red de la categoría medular: Uso de MRE para representar la comprensión del comportamiento de los gases.



Fuente: elaboración propia basada en el programa ATLAS.ti V8.

## Capítulo 5 Resultados

Los resultados obtenidos producto de los análisis y los datos obtenidos estuvieron orientados por el problema, la pregunta y el marco teórico y responden a los objetivos propuestos por la investigación. Corresponden a la primera fase, planeación e implementación donde se mostrará el producto de la planeación que corresponde a las actividades planeadas en la CoRe y a la segunda fase que presentará el desarrollo de las generalizaciones naturalísticas producto del análisis cualitativo realizado por medio de la teoría fundamentada a través del software ATLAS.ti V8.

### **Resultados de la fase de planeación e implementación de las actividades de aprendizaje.**

Como se mencionó anteriormente, debido a la extensión de la CoRe este instrumento metodológico de planeación se muestra como anexo (véase anexo 1). La implementación de las actividades de aprendizaje se realizó de manera 100% virtual debido a la situación de emergencia que se presentó. Se optó por elaborar videos en los que la docente realizaba cada una de las cinco experiencias de laboratorio que los estudiantes podían reproducir en sus casas usando material de fácil consecución. Estos vídeos fueron organizados, junto con las preguntas de Predicción, Observación y Explicación (POE) que se planearon, en formularios de Google de igual manera para dos de las cuatro simulaciones propuestas se elaboraron vídeos y preguntas usando la técnica POE en los mismos formularios. Todo este material fue organizado en la plataforma de Classroom denominada: Teoría cinético molecular: comportamiento de las sustancias gaseosas cuyo código es 75poe2q y el enlace que se muestra a continuación:

<https://classroom.google.com/c/OTExNDczMzgyODha?cjc=75poe2q>

Se aclara que sólo se puede acceder desde cuentas personales puesto que las cuentas empresariales no lo permiten y para poder acceder a la visualización de la clase se debe inscribir con el código escrito arriba.

La clase de classroom (véase Figura 8) se organizó en tres momentos como se indicó en la metodología, el momento real, el momento virtual y el momento aplicativo. Los dos primeros se hicieron alternados y el último se realizó al final. A continuación, se presenta los enlaces a los 7 formularios de Google propuestos (véase Tabla 6).

**Tabla 6**

*Enlaces a las actividades (formularios de google)*

| MOMENTO DE LA CLASE | TÍTULO DE LA ACTIVIDAD                       | ENLACE                                                                                                                                                  |
|---------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Momento Real        | La carrera del olor                          | <a href="https://forms.gle/AJ6anTrPEWB5vHqA6">https://forms.gle/AJ6anTrPEWB5vHqA6</a>                                                                   |
|                     | ¿Por qué tan apretados?                      | <a href="https://forms.gle/i6dCafjqKosCByS26">https://forms.gle/i6dCafjqKosCByS26</a>                                                                   |
|                     | Juntos pero...y ¿revueltos?                  | <a href="https://forms.gle/RBWt5zu1AitQBazW8">https://forms.gle/RBWt5zu1AitQBazW8</a>                                                                   |
|                     | El globo de la botella                       | <a href="https://forms.gle/3VMY2EgbY2m7QV6c7">https://forms.gle/3VMY2EgbY2m7QV6c7</a>                                                                   |
|                     | ¿y cómo se infló la bombita?                 | <a href="https://forms.gle/PWeLit5GoV6aPnnt5">https://forms.gle/PWeLit5GoV6aPnnt5</a>                                                                   |
| Momento virtual     | Simulando ando                               | <a href="https://forms.gle/3DaR1bbYQLzzLLoCA">https://forms.gle/3DaR1bbYQLzzLLoCA</a>                                                                   |
|                     | Con esta simulación...¿para qué imaginación? | <a href="https://forms.gle/yEhNgvWGYkiKx91i7">https://forms.gle/yEhNgvWGYkiKx91i7</a>                                                                   |
|                     | Simula la difusión                           | <a href="https://PhET.colorado.edu/es/simulation/diffusion">https://PhET.colorado.edu/es/simulation/diffusion</a>                                       |
| Momento aplicativo  | Globos simulación                            | <a href="https://PhET.colorado.edu/es/simulation/legacy/balloons-and-buoyancy">https://PhET.colorado.edu/es/simulation/legacy/balloons-and-buoyancy</a> |
|                     | ¿Qué tanto aprendí?                          | <a href="https://forms.gle/3yQBtiGoDPf9ar7cA">https://forms.gle/3yQBtiGoDPf9ar7cA</a>                                                                   |
|                     | Genio interpretando                          | <a href="https://forms.gle/26ZAcBwSYFraKjSX9">https://forms.gle/26ZAcBwSYFraKjSX9</a>                                                                   |

Fuente: elaboración propia.

Figura 8

## Clase de classroom

classroom.google.com/c/OTExNDczMzgyOCh...

Aplicaciones Iniciar sesión SIMULADOR Conce... Laboratorio Virtual... Aprendiendo soluci... Go2school Web Formularios icono Google Classroom i... MSG

TEORÍA CINÉTICO MOLECULAR  
COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS GASEOSAS

Novedades Trabajo en clase Personas Calificaciones

COMPORTAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS GASEOSAS  
Código de la clase: 75pot2q

Seleccionar un tema  
Subir una foto

Próximas  
No tienes tareas para entregar próximamente  
Ver todo

Comparte algo con tu clase...

Blanca Lorena Niño Valencia publicó nuevo material: MOMENTO REAL. FASE EXPERIMENTAL...  
14 abr. (Editado: 12:42)

Blanca Lorena Niño Valencia publicó nuevo material: MOMENTO VIRTUAL...  
18 abr. (Editado: 12:42)

Blanca Lorena Niño Valencia publicó nuevo material: MOMENTO APLICACIONAL...  
20 may. (Editado: 12:38)

**MOMENTO REAL. FASE EXPERIMENTAL**  
Blanca Lorena Niño Valencia • 14 abr. (Editado: 12:42)

En esta sesión encontraremos una serie de preguntas relacionadas con las experiencias de laboratorio. Fíjate preguntas según la dinámica PIR, podrás observar y explicar. Por esta razón debes responder cada una en el momento indicado. Antes de recibir la respuesta, debes escribir tus predicciones, después se realiza la experiencia y debes escribir tus observaciones, por último debes escribir tus explicaciones de lo ocurrido relacionando a las preguntas y por medio de representaciones o dibujos explicativos que puedes acompañar de textos anotados los, aunque no están por la representación de la realidad por sí misma. OBSERVA EL VIDEO DE INTRODUCCIÓN EN EL SIGUIENTE LINK: [https://youtu.be/1vKw0d0f0](#)

INTRODUCCIÓN  
Video en YouTube 1 minuto

LA CARRERA DEL OJERO  
Formulario de Google

¿Por qué son ampatados?  
Formulario de Google

Juntos pero... ¿¿¿? ¿¿¿?  
Formulario de Google

El globo en la botella  
Formulario de Google

¿ y cómo se infla la botella?  
Formulario de Google

**MOMENTO VIRTUAL**  
Blanca Lorena Niño Valencia • 18 abr. (Editado: 12:42)

Durante esta fase tendrán la oportunidad de utilizar diferentes simulaciones que les permitirá reconocer el nivel de comprensión con el fin de explicar y comprender el comportamiento macroscópico de las sustancias gaseosas observado en las 5 experiencias de laboratorio. Así mismo, tendrán la oportunidad de investigar con formatos multimediales, es decir diferentes formas en las que se puede expresar el lenguaje usado en la química y en la ciencia en general.

Simulando ando  
Formulario de Google

con esta simulación... ¿para...  
Formulario de Google

Difusión - Gas | Termodinám...  
<https://phet.colorado.edu/es/version...>

Globo y flotación - Gas | F...  
<https://phet.colorado.edu/es/version...>

**MOMENTO APLICACIONAL**  
Blanca Lorena Niño Valencia • 20 may. (Editado: 12:38)

Esta prueba persigue conocer los niveles de comprensión que pueden ser alcanzados por los estudiantes sobre las múltiples representaciones externas relacionadas con el comportamiento de los gases. Se agradece su colaboración y participación en este estudio. Los resultados obtenidos a partir de esta prueba son confidenciales y solo serán utilizados con fines de investigación, así la confianza de expresar sus ideas, pero resguarda hacerlo de la manera más clara y completa posible.

¿Qué tanto aprendí?  
Formulario de Google

Genio Interpretando  
Formulario de Google

Las sesiones de diálogo se realizaron de manera virtual usando la plataforma de Zoom desde el 20 de abril hasta el 20 de junio. Todas las sesiones fueron grabadas con autorización expresa de los acudientes de los menores que pertenecían al grupo focal. Las respuestas a los formularios de los estudiantes se encuentran disponibles en archivos tipo excell y los vídeos de las sesiones fueron archivados en una cuenta de Google drive de la docente.

**Resultados de la fase de documentación de las acciones y razonamientos durante las interacciones estudiante – estudiante y estudiante - profesor: generalizaciones naturalísticas**

Como producto de la planeación y la implementación se llevaron a cabo un conjunto de actividades con los estudiantes y sesiones virtuales sincrónicas para la realización de los encuentros dialógicos que permitieron recoger la información cuyo análisis inductivo conllevan a la formulación de una serie de generalizaciones naturalísticas. Por medio de estas se establecieron las relaciones entre el problema de investigación, el marco teórico, las evidencias empíricas y responden a la pregunta de investigación por medio de la teorización. En este sentido, el desarrollo teórico de estas generalizaciones da la posibilidad de comprender el caso estudiado. Por esta razón, se presentará el desarrollo narrativo de cada una de estas generalizaciones apoyado en evidencias empíricas obtenidas de las diferentes fuentes documentales que recogen la información obtenida.

**El aula de química como una comunidad de aprendizaje en la que se promueve y desarrolla el uso de MRE para representar la comprensión del comportamiento de los gases (perspectiva de la semiótica social)**

Como parte de los procesos de enseñanza y aprendizaje, se resalta la importancia de establecer una comunicación docente – estudiante, estudiante – estudiante, esto se apoya en la teoría de aprendizaje de Vygotsky (1978) en la que se define la zona de desarrollo proximal como un estado evolutivo dinámico donde las habilidades o logros que alcance un estudiante con apoyo o guía de otra persona más versada en el tema, se encuentran en un estadio de desarrollo, en un proceso de maduración que posteriormente se consolidará.

A partir de esta postura, considerar el aula como una comunidad de aprendizaje es imperativo para alcanzar los objetivos de la nueva visión de ciencia. En esta visión se considera que la ciencia es construida dentro de una comunidad y que el conocimiento

científico se contruye socialmente, a lo que comunmente se le denomina el aspecto social de la ciencia. Involucrar a los estudiantes en espacios de interacción dialógica abre la posibilidad de dar libertad a la expresión de sus opiniones y dudas en un ambiente de apoyo y libre de amenaza. Lo anterior les otorgará la seguridad de que sus ideas serán escuchadas con respeto y que el disenso no se considera como error sino como una posibilidad para que, con el apoyo de sus compañeros y la guía del docente sean capaces de reestructurar sus ideas no como algo impuesto sino como una necesidad que surge y que tiene una utilidad en otros espacios diferentes al aula.

Este mecanismo de construcción social de las ideas científicas se apoya fundamentalmente en el lenguaje como mediador en la construcción de conocimiento como lo planteó Lemke (1987) en la denominada semiótica social. Desde esta perspectiva, la comprensión sobre el comportamiento de los gases se construyó en la medida en que los estudiantes tuvieron la oportunidad de hacer uso del lenguaje y de las MRE al compartir sus predicciones, observaciones y explicaciones viéndose involucrados en conversaciones en las que el docente intervenía guiando y moderando el debate, haciendo parte de la comunidad de aprendizaje formada en el aula como un igual. Por eso, las estrategias pedagógicas usadas por la docente fueron fundamentales al sugerir ejemplos, guiar a los estudiantes para que expresaran mejor sus ideas, instarlos a que realizaran críticas constructivas a los trabajos de sus compañeros, motivarlos a reconstruir sus ideas a partir de las opiniones de los participantes.

Parte de esto se ejemplifica en la cita 1:50 donde se intenta explicar el fenómeno de difusión en una situación experimental en la que dos sustancias distintas eran percibidas en tiempos diferentes por tres participantes que se encontraban ubicados a las mismas distancias. Así, inicialmente lo explican desde lo perceptible, que es la distancia entre las personas, poco a poco producto del dialogo y la interacción, se empieza a entender que la explicación no se encontraba en el exterior, sino en las sustancias en sí. Inicialmente, se referían a “algo en su

composicion” o a procesos como la evaporación. Lo anterior apoya la idea de varios autores respecto a que los estudiantes basan sus explicaciones en el nivel macroscópico (Lloréns, 1991; Pozo, 1999; Ordenes et al., 2014).

*D: O sea que la diferencia no radica en sí en las sustancias sino en las personas.*

*E4: ehh no es en la distancia en que están ubicadas basándome en el video.*

*D: recuerda que estamos comparando sustancias.*

*E4: si si tiene que ver con lo que me dijiste antes que me basara más en las sustancias que en las personas.*

*E5: Si porque las personas están a la misma distancia y a pesar de eso si hubo un tiempo en que la sustancia uno se demoró más tiempo en ser percibida que la dos.*

*D: Según esto ¿Como mejorarías tu idea?*

*E4: basándome un poco más en lo que dijo ¿E1? O ¿E2?, basándome un poquito más en eso, en la composición de las sustancias*

*D: ¿Qué piensa E3? ¿estás de acuerdo con la idea de E2? En que tiene que haber algo en la composición de las sustancias*

*E3: Si creo que pues puede complementar lo que yo digo puede que una de esas sustancias sus componentes hagan que, como que estén más rápido o más fácil en el ambiente.*

*E1: puede ser que la sustancia del frasco 2 tuviera una facilidad para evaporarse mayor que la del frasco 1*

Pero no sólo se promovió el uso del lenguaje escrito u oral sino también el uso de otro tipo de recursos semióticos que facilitaran la comprensión o la expresión de sus ideas. En este sentido el uso de las MRE jugó un papel fundamental dentro de esta comunidad de aprendizaje. Así pues, se emplearon recursos semióticos como los vídeos, analogías y distintas formas de representación oral y escrita. De igual forma los estudiantes se enfrentaron a diversas situaciones experimentales a partir de las cuales elaboraron dibujos explicativos para expresar su comprensión. Estas elaboraciones, que iban acompañadas de símbolos y textos explicativos, fueron puestas sobre la mesa para que el estudiante tuviera la oportunidad de expresar oralmente lo que buscaba mostrar con su representación. Igualmente, el uso de simulaciones

les facilitó el acercamiento a aquellos aspectos del fenómeno a los que no se puede acceder con los sentidos. Respecto al uso de los simuladores los estudiantes expresan: (cita 53:7)

*E8: pues usando la simulación es como más entretenida, es interactiva y eso me gusta mucho. Con los dibujos es más complicado mostrar el comportamiento de las partículas además es tedioso o aburrido.*

*E9: las simulaciones son entretenidas es fácil ver y entender lo que está pasando con las partículas y por ejemplo yo pensaba, antes de hacer las representaciones en la simulación, qué iba a pasar y los posibles resultados y a veces no pasa lo que uno piensa, pero uno lo puede ver mientras que con los dibujos ahí uno está expresando la propia idea de uno y no las ideas de la química en general. Con las simulaciones es más sencillo de interpretar por qué pasan las cosas.*

Todo esto apoya empíricamente la idea de que el uso de diversos recursos semióticos es por tanto una característica de una comunidad de aprendizaje que promueve la comprensión (Garzón & Rojas, 2014; Candela, 2018).

Por otra parte, otra característica de la comunidad de aprendizaje es que promueve procesos de reflexión y reestructuración de la forma en que se expresan las ideas producto de las interacciones entre los estudiantes, quienes identificaban por sí mismos esta necesidad. Es así como se apoya la idea de que la construcción de representaciones se beneficia de la interacción social que se le brinde al estudiante (Arbeláez, 2002). Además, el primer paso para la reestructuración es que el estudiante sea capaz de reconocer el posible origen de su confusión, indicando si fue falta de comprensión, por malinterpretación o por distracción, es decir, mediante un proceso reflexivo. Esto se puede observar en la siguiente expresión de un estudiante (cita 8:21)

*E8: Yo malinterpreté la pregunta y no respondí, pero ahora entiendo que me faltó el movimiento rectilíneo, la fuerza de atracción que es casi nula y que cambian de dirección al chocar entre ellas o contra el recipiente.*

Además, el uso de los niveles de representación se evidencia a partir del lenguaje común establecido entre los miembros de la comunidad de aprendizaje (véase Figura 9). Así, cuando el estudiante expresa lo que puede ver se está refiriendo al nivel macroscópico, en términos de

temperatura, presión, volumen, movimiento del émbolo. El nivel submicroscópico se empleaba para referirse al comportamiento de las partículas, en términos de número de choques, movimiento, distancia entre ellas, espacios vacíos como se expresa en la cita 8:67

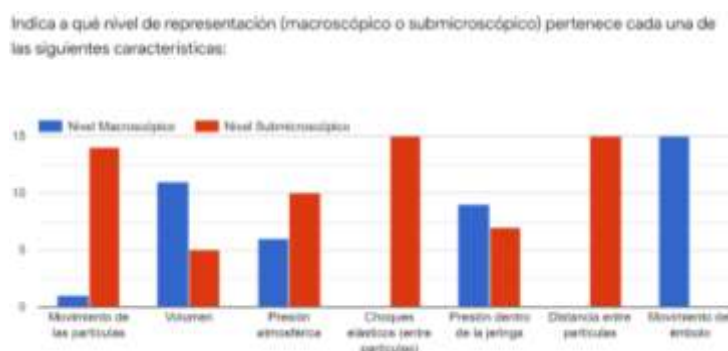
*Prediga lo que ocurre con las partículas al aumentar la temperatura*

*E4: aumenta el movimiento y aumentan los choques entre las partículas*

*E1: menciona tanto lo micro cuando dice movimiento y choques, energía cinética y lo macroscópico al mencionar que la temperatura aumenta.*

## Figura 9

*Nivel de representación consensuado para formular el lenguaje común.*



Fuente: resultados de los trabajos de los estudiantes obtenido de los formularios de Google.

Aunque al inicio había cierto disenso en la concepción individual sobre si el volumen y la presión se referían al nivel macro o al submicro, como resultado de las interacciones dialógicas y la coparticipación se acordó emplearlas para referirse a lo macroscópico en la medida en que no se referían directamente a un comportamiento de las partículas sino que eran una evidencia macroscópica de este.

De igual forma, durante los encuentros dialógicos se promovía la diferenciación e integración de los tres niveles de representación puesto que después de establecer un lenguaje común dentro del aula, los estudiantes iban reconociendo la necesidad y utilidad del uso de dicho lenguaje y de los niveles de representación para poder explicar su comprensión sobre el fenómeno que se estaba discutiendo. En siguiente explicación extraída del trabajo escrito de un

estudiante se ejemplifica el uso del lenguaje común establecido y de uso del nivel macroscópico y submicroscópico.

*D: ¿Hubo diferencias entre las dos situaciones? Sí o no y escribe una explicación a lo ocurrido en cada caso.*

*E9: Si, hubo diferencias. En la primera situación la bomba se desinflató rápidamente después de que se quitó el dedo que estaba cubriendo el tubo. La explicación puede ser que, cuando inflamos la bomba dentro del matraz las partículas que ya están dentro de este recipiente tienen menos volumen para ocupar y algunas se escapan por la salida del matraz que está sin tapar. Esto hace que, al quitarse el dedo, las partículas de aire alrededor se muevan rápidamente, vuelvan a entrar al frasco y sumadas a las que ya están dentro del frasco que también se mueven y chocan contra la bomba, el frasco y entre sí generando un aumento en la presión a las que están dentro de la bomba y las haga salir rápidamente por el tubo. En la segunda situación, al sellarse herméticamente la salida del matraz y luego proceder a quitar el dedo del tubo la bomba permanece inflada. La explicación que encuentro es que en este caso las partículas que están dentro del frasco permanecen constantes, no hay nuevas entrando ni saliendo y la bomba ya está ocupando un espacio del frasco lo que redujo el volumen en el que se pueden mover las que están en el frasco. Y las partículas que están dentro de la bomba pasaron a ocupar un volumen importante dentro del frasco, con una salida pequeña por el lado del tubo y las que hay en el frasco no ejercen suficiente presión como para hacerlas salir rápidamente por el tubo, tienen espacios vacíos más reducidos y a pesar de que los choques aumentan entre sí, contra la bomba y el recipiente, estos no son suficientemente fuertes para ejercer presión a las partículas que están dentro de la bomba.*

Por último, con el siguiente compartir realizado al final de los encuentros dialógicos, los estudiantes expresan sus impresiones respecto a concebir el aula como una comunidad de aprendizaje (22:19)

*D: ¿Qué piensan respecto a las sesiones de discusión?*

*E1: Si sabía lo del experimento, pero no sabía en sí qué pasaba submicroscópicamente, me parece un poco lento la forma de aprender así, pero todo queda muy claro y no me parece difícil es algo muy fácil. Como estoy constantemente participando entonces no se siente el tiempo.*

*E2: yo creo que la química es una materia difícil, hay unas cosas que se me dificultan, pero es porque tengo pocas bases, pero gracias a mis compañeras y a ti he podido comprender, no todo muy bien, pero si varias cosas.*

*E3: Nunca había tenido un plan de estudio como el que nos ofreces, me gusta lo de los cuestionarios porque tenemos la posibilidad de expresar lo que creemos que va a pasar, luego vemos lo que pasa y luego explicamos lo que pasa. Pero es como un amor*

*odio a que debamos responder todas las preguntas porque nos obliga a si o si tratar de hallar una explicación así no lo sepamos. Pero a la final terminamos explicándolo entre todos.*

*E4: aclaramos dudas y lo mejor es que nosotros mismos las respondemos, terminamos respondiendo. A veces estoy tentada a escribir no sé, pero al final uno se fuerza a encontrar una razón y pues eso me parece muy útil.*

*D: la idea es que las simulaciones los apoyen en toda esa parte de construir sus explicaciones en el nivel submicroscópico, recuerden que es a ese nivel en el que se explican los fenómenos.*

*E5: cada vez puedo entender mejor las cosas, pude aclarar mis dudas sobre el tema. La ventaja de las sesiones de discusión es que uno da su idea y escucha la de los compañeros y la compara con las de los demás y así uno puede elaborar una idea mejor, más completa. Cuando uno hace las cosas individuales pues uno puede tener una idea correcta, pero si no tiene la habilidad para expresarla así uno esté en lo cierto pues no se expresa. Y a veces hay gente que piensa más rápido que uno, pues porque uno puede tener idea para responder, pero mientras que uno piensa y construye la idea ya otro la dice primero.*

*E6: cada vez entiendo más fácil y solo me falta mejorar mi redacción*

*E7: cada vez entiendo mejor, me falta mejorar la forma de expresar mis ideas.*

*E8: Estuve concentrado toda la sesión, porque contestaba las preguntas y estaba pensando todo el tiempo.*

### **El uso de las MRE desde la perspectiva del pensamiento multinivel en la que se diferencian e integran los tres niveles de representación de la química.**

Durante los encuentros dialógicos la docente hacía un énfasis especial en la diferenciación e integración de los tres niveles de representación. Para esto, se utilizó inicialmente la técnica POE (Predecir, Observar y Explicar) con el fin de que, durante la fase de predicción, se accediera a los diferentes modelos mentales usados por los estudiantes para explicar cada una de las características macroscópicas de las sustancias gaseosas pretendiendo con esto buscar las estrategias más apropiadas para apoyar a los estudiantes en el desarrollo o reestructuración de estas ideas. Por este razón, los encuentros dialógicos fueron orientados por las respuestas de los estudiantes a las preguntas basadas en esta técnica. Así, mientras que en las predicciones se pretendía acceder a los modelos explicativos usados por los estudiantes; en

la fase de observación se valoraban las formas de usar el nivel macroscópico mientras que en la explicación se identificaba tanto el uso del nivel submicroscópico como del simbólico puesto que se les solicitaba expresar su comprensión mediante un dibujo que se sugería acompañar de textos explicativos. Se esperaba que poco a poco los estudiantes fueran refinando el uso de cada nivel a medida que se fuera avanzando en la aplicación de la estrategia. Esto se apoya en lo fundamental que es darle al estudiante suficientes oportunidades para que utilice el pensamiento multinivel al hacer predicciones y buscar explicaciones a diferentes situaciones vinculadas al comportamiento de los gases (Gómez et al., 2004). Así, en la cita 1:2 se muestra la predicción elaborada por el estudiante E6 durante la primera experiencia caracterizada por un lenguaje basado en el nivel macroscópico donde, a pesar de que se solicitaba explicar, se remitía a la mera descripción de lo que esperaba.

*Predicción: ¿Crees que los participantes percibirán el olor de las sustancias presentes en los frascos con la misma intensidad? Explica.*

*E6: Estamos hablando de un lugar encerrado así que el olor de la sustancia no tiene por donde irse, si no que se seguiría esparciendo por el lugar haciendo que todos los participantes sientan el olor de la misma manera, no obstante, esto no quiere decir que todos los participantes lo sientan al mismo tiempo.*

Mientras que, la forma en que expresa su predicción en la experiencia 5 se caracterizó por el uso del nivel submicroscópico puesto que tenía claro que mediante este nivel se expresan las explicaciones así mismo integra el nivel macroscópico logrando así establecer relaciones semánticas entre ambos niveles. Lo anterior se presenta en la cita 51:10.

*¿Qué crees que ocurrirá con la bomba a medida que se vaya calentando el agua? Argumenta tu respuesta.*

*E6: Las partículas de aire y de agua ante el calor van a tener un aumento en su energía cinética esto aumentará el movimiento y choques entre sus partículas esto puede generar que se empiece a inflar la bomba por que las partículas van a distribuirse por todo el espacio del volumen que incluye el matras y la bomba, como estas se expanden puede haber una mayor distancia entre las partículas, a medida que se caliente algunas partículas de agua pueden cambiar de estado a gaseoso y esto aumentara el número de partículas en gas.*

Así, continuamente, se exponían y se buscaba hacer conscientes a los estudiantes del nivel de representación que estaban usando en sus predicciones y principalmente en sus explicaciones, diferenciando las características de cada uno pero haciendo un especial énfasis en la funcionalidad dentro del proceso de comprensión. Se indicó que, el nivel macroscópico es un nivel que sirve para describir las características superficiales del fenómeno a las que tenían acceso a través de la observación. Así mismo se exponía que el nivel submicroscópico, relacionado específicamente con el comportamiento de las partículas, brindaba las herramientas para explicar lo que ocurría en lo macroscópico. El siguiente diálogo, establecido durante la primera sesión de encuentro virtual, muestra que los estudiantes reconocen la necesidad de obtener más información sobre el nivel submicroscópico. Esto se debe a la dificultad que les representó explicar el fenómeno. Además, se evidencia cómo se hacen conscientes de que recurren a la descripción propia del nivel macroscópico cuando expresan que se les facilita más hacerlo de esta manera (cita 1:58)

*D: ¿Qué dicen es fácil explicar la razón por la que la sustancia número uno se percibió más rápido que la dos?*

*E3: claro es como lo que tu dijiste, lo que se nos hace más fácil es describir lo que podemos ver, pero internamente no estamos viendo lo que sucede con esos gases porque no los podemos ver. Por eso a mí en lo personal se me dificulta dar una razón coherente para que se pueda explicar por qué la sustancia dos se percibe más rápido que la primera.*

*E2: yo estoy de acuerdo que es más fácil describir lo que uno ve que lo que no ve y sí es necesario ir a lo submicroscópico para explicar el comportamiento y su composición porque no lo podemos ver de manera macroscópica.*

*E5: Ya llegamos a dos conclusiones... la primera es que la sustancia dos se dispersó más rápido que la uno y la segunda es que estamos describiendo el fenómeno desde lo macro y que eso nos ha generado inconvenientes para poder explicar y por eso debemos ir a lo submicroscópico.*

Posteriormente unas sesiones más adelante los estudiantes son capaces de reflexionar respecto al uso diferenciado de los tres niveles reconociendo su utilidad y los avances particulares que cada uno ha ido teniendo como se muestra en la cita 43:1.

*D: Como estamos en predicción, estamos indagando sobre las ideas que tenían inicialmente antes de llevar a cabo el experimento como tal. Como siempre la reflexión a la hora de responder las preguntas, tener en cuenta todos los detalles. Aunque se observa que sí los han tenido en cuenta, no se si han observado una mejora o que se les esté haciendo mas fácil poder responder o poder pensar en ese nivel submicroscópico cada vez que se presenta un nuevo fenómeno.*

*E5: Si, en mi caso yo he tenido mas presentes los términos no en una forma macroscópica, lo que uno ve a simple vista, sino que tengo un entendimiento mas allá de lo que sucede superficialmente, ya empiezo a pensar en qué está ocurriendo con las partículas para explicar por qué ocurre lo que estoy observando.*

*E6: si, se me ha facilitado la realización de los talleres viéndolo submicroscópicamente, porque ya no quedo perdido como antes. He aprendido a diferenciar las cosas y ver la ciencia con otros ojos.*

*E6: también se me ha facilitado no solo en lo submicro sino también en lo macro. Uno tiene mas idea de cómo son las cosas y por qué pasan así.*

De igual forma, se expuso que utilizando el nivel simbólico los estudiantes podían elaborar representaciones de su comprensión. Inicialmente, algunos fueron reacios a la elaboración de los dibujos puesto que consideraban que sus habilidades en este campo no eran muy buenas sin embargo, como parte de los acuerdos establecidos en la comunidad de aprendizaje, esta debilidad se trasformó en una oportunidad para desarrollar con el apoyo de todos. Al principio, los dibujos eran básicamente macroscópicos, los estudiantes representaban el fenómeno tal cual como lo observaban. No usaban textos explicativos, símbolos ni convenciones que permitieran hacer distinciones. Básicamente, se concentraban en hacer una elaboración superficial caracterizada por lo que Kozma et al., (2005) clasifican como el primer nivel de competencia representacional que corresponde a una descripción icónica del fenómeno. Esta fue una habilidad bastante inestable a lo largo del desarrollo de las sesiones, es decir en algunas ocasiones un mismo estudiante hacía un uso adecuado y completo mientras que en

otras no. Se puede resaltar que esta habilidad se desarrolla de manera progresiva a lo largo del tiempo, siempre y cuando se le dé la oportunidad al estudiante de enfrentarse a situaciones que se lo demanden (Kozma et al., 2005). Finalmente, en algunos estudiantes y para algunas situaciones específicas se pudo observar un avance (véase la Figura 10).

**Figura 10**

*Uso del nivel simbólico.*



Experiencia 1.

Fuente: Trabajo escrito de los estudiantes.



Experiencia 4.

En la experiencia 1, el estudiante realizó una representación del fenómeno de difusión basada en una descripción icónica macroscópica. Aunque empleó colores diferentes haciendo alusión a las dos sustancias usadas e intentó mostrar la diferencia en cuanto al tiempo de percepción de cada una por parte de los participantes utilizando distintas longitudes (las líneas verdes son más cortas que las rojas con lo que buscaba expresar que la sustancia 2 se percibió primero) no empleó convenciones ni textos explicativos que le aclararan al posible lector lo que deseaba expresar con su representación. Adicionalmente, a pesar de tener la información sobre la discontinuidad de la materia y expresar verbalmente que reconoce la existencia de espacios vacíos, representó las sustancias usando líneas continuas lo que se denomina uso de un modelo

sintético (Vosniadou, 1994) donde el estudiante puede emplear un concepto científico sin comprender a profundidad su significado para intentar explicar el fenómeno.

En contraste, para explicar lo ocurrido en la experiencia 4, el estudiante reestructuró su manera de representar su entendimiento después de 3 sesiones de interacción dialógica en las que se explicitó con mayor claridad la importancia de la diferenciación y la integración del pensamiento multinivel reconociendo características y funcionalidades específicas para cada nivel. De esta manera, el estudiante empleó textos explicativos para ampliar la información dada el posible lector; así mismo, empleó algunas convenciones, colores y signos como el de las comillas “que, para la comunidad de aprendizaje, significaba una forma de representar el movimiento de las partículas debido a lo difícil de mostrar esto en un formato 2D.

Adicionalmente, como parte de la instrucción se explicitaron algunas reglas básicas para el uso del nivel simbólico cuando se referían al nivel submicroscópico como tener en cuenta el número de partículas atendiendo la ley de conservación de la materia, las diferencias en cuestiones de tamaño para diferenciar los componentes del aire asociados a la masa de cada elemento (nitrógeno y oxígeno principalmente), a que si bien las simulaciones y ellos mismos empleaban diferentes colores para diferenciar entre partículas, esta característica no era atribuible al nivel submicroscópico y sólo se utilizaba como apoyo visual; esto se hizo para evitar reforzar modelos mentales alternativos. Así mismo, a partir del lenguaje común que se estableció, los demás compañeros y el mismo estudiante podían hacer una interpretación del dibujo y valoraban si este era capaz de representar y expresar por sí solo y con claridad las explicaciones particulares del fenómeno en estudio. Dentro de estas valoraciones, se medía el uso de los niveles de representación empleados, se distinguía aquel que más se evidenciaba y se identificaban los aspectos a mejorar. Esto se muestra en la siguiente interacción (52:15)

*E8: Aquí se ve que es netamente submicroscópico al hablarnos en términos de partículas, mostrar movimientos, fuerzas de atracción y choques en formato 2D no es*

*tan fácil. Utiliza un texto explicativo para ampliarnos lo que esta ocurriendo, aunque el esta representando las partículas de agua.*

*E5: Tuve un problema con los colores, porque use un azul diferente en papel pero al tomarle la foto no se distingue.*

*D: Ok, gracias por aclarar. ¿Cómo podemos mejorar la representación?*

*E8: Agregando un color mas vivo o que sea diferente el uno al otro para diferenciar que son partículas de las moléculas de agua y no de aire.*

*E9: O utilizando una convención o una flecha indicando qué era agua y qué era aire.*

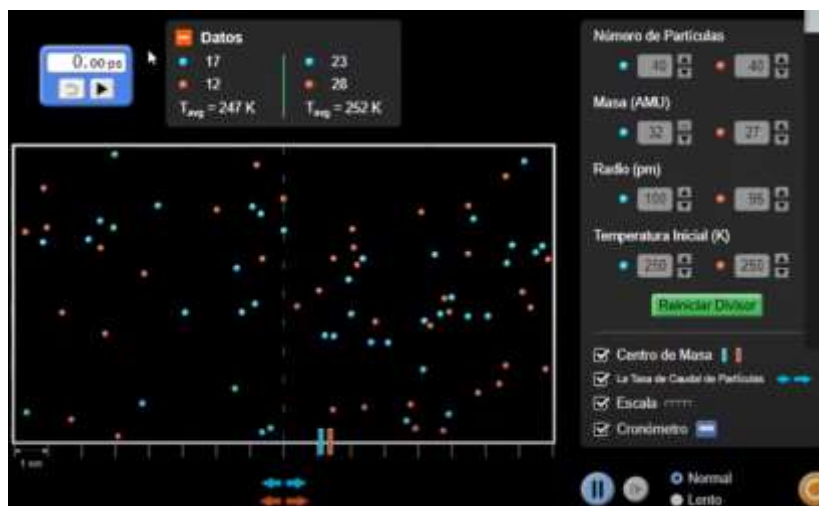
*E8: Y el tamaño también, la cantidad de partículas esta bien porque cumple con la ley de conservación de la materia, es igual en ambas.*

Para poder superar estos obstáculos, se contó con el uso de simuladores (cuya presentación está configurada por MRE) puesto que la teoría cinético molecular que explica el comportamiento de los gases, está basada en la dinámica de las partículas, en los movimientos o choques entre las partículas lo que era difícil de representar para los estudiantes en un formato 2D. Algunos optaban por obviarlos, otros hacían esfuerzos a través del uso de símbolos como flechas o comillas pero no lo hacían evidente al lector, es decir no se apoyaban en el uso de convenciones o textos escritos que expresaran el significado de los símbolos.

Así, las simulaciones fueron utilizadas posterior a las situaciones experimentales, después de los encuentros dialógicos habiendo discutido y llegado a acuerdos respecto a la forma de explicar el fenómeno. Por ejemplo, para representar la difusión haciendo uso de la simulación (véase Figura 11) se consideraron aspectos básicos del manejo del simulador, identificaron los elementos que este empleaba (masa, radio, temperatura, número de partículas), clarificaron el significado específico de cada uno y expresaron los criterios empleados para cada una de las decisiones tomadas al ir modificando los valores de dichos elementos. De esta manera, el estudiante iba evidenciando el uso consciente de las MRE.

**Figura 11**

Uso de la simulación para representar la difusión.



Fuente: simulaciones elaboradas por los estudiantes en el simulador difusión de los gases de PhET.

La cita 53:4, expone los criterios que utilizó E2 para representar en la simulación el fenómeno de difusión de los gases que se puede observar en la Figura 11.

*E2: Usé criterios como poner el mismo número de partículas para ambas porque en el experimento se decía que se usaban las mismas cantidades contenidas en un mismo volumen. Como la sustancia dos se percibió más rápido acordamos que es la menos densa, por eso debe tener menor masa y según la relación masa - radio pues asigné un valor al radio mayor a aquella sustancia que tiene mayor masa y que es más densa, siendo la sustancia 1 porque fue la que más tiempo se demoró en ser percibida y la temperatura en el valor que usé para el aire, la misma para ambas partículas porque estaban a la misma temperatura.*

Por otra parte, fue muy importante trabajar en el establecimiento de relaciones semánticas en donde los estudiantes expresaban los significados compartidos de un símbolo, una expresión o palabra en los tres niveles. Fue a través de este proceso que se formuló el lenguaje común, puesto que los chicos poco a poco iban diferenciando e integrando los niveles haciendo uso de los distintos significados y formas de significar dentro de la comunidad de aprendizaje. Lo anterior sustenta la idea de que aprender ciencia requiere del uso de su lenguaje y esto se logra cuando los estudiantes tienen distintas oportunidades donde empleen los signos

verbales e icónicos propios de esta área en actividades y conversaciones que se puedan tornar cotidianas (Otero, 2004).

Esto se ejemplifica en la cita 8:64

*D: E8 menciona algo importante submicroscópico a resaltar. Yo les voy a dar un concepto macro y Uds. me dicen la evidencia submicro de ese concepto. ¿Si yo digo temperatura, en lo submicro que digo?*

*E8: movimiento.*

*E7: Movimiento o energía cinética.*

*D: ¿Si yo en lo macro digo volumen, en lo submicro que digo?*

*E6: el espacio que ocupa, la distancia que hay entre las partículas.*

*D: si, hablamos sobre los espacios, ¿pero ¿cuáles?*

*E6: Vacíos, donde no hay ningún otro tipo de materia.*

*D: exacto.*

*E7: En lo submicro hablamos del número de choques, en lo macro el número de choques me determina la presión.*

*D: ¿Miren que no es lo mismo la presión ejercida por choques numerosos a escasos, a mayor número de choques como va a ser la presión que ejercen las partículas?*

*E9: es mayor, aumenta.*

Así, después de trabajar el formulario de google donde se usaba el simulador y al final de la segunda sesión de un encuentro dialógico, la estudiante E3 explica el fenómeno de la difusión de los gases de la siguiente manera (cita 8:65)

*D: ¿Que podrían decir de esas sustancias? ¿Qué se puede decir de la sustancia 1 en comparación con la sustancia 2? en cuestiones de comportamiento de partículas. ¿Por qué razón una se percibe primero que la otra si se tiene la misma cantidad de ambas, los participantes se encuentran a las mismas distancias y todo eso ocurre en el mismo espacio? ¿Si me hice entender con la pregunta?*

*E3: profe pues yo personalmente, diría que las partículas de la sustancia 1 son partículas eh...con más masa es decir que son más densas, lo cual quiere decir que entre más masa se van a distribuir un poco más lento que las partículas de la sustancia número dos. Que tiene partículas mucho más livianas y pues por ende hace que la distribución de las partículas en el ambiente sea de forma más rápida y que la sustancia dos pueda percibirse antes que la primera.*

Además, esta diferenciación e integración se iba construyendo a medida que se avanzaba en las actividades gracias a la coparticipación, la reflexión y la reestructuración durante las sesiones de interacción o encuentros dialógicos. La siguiente cita 1:66 se ejemplifica cómo al inicio de las actividades se iba construyendo y refinando el lenguaje, aunque como estaban en una etapa inicial existían ciertas restricciones.

*E1: en los sólidos los átomos están... tienen un espacio entre ellos reducido entonces no están muy...no tienen tanta facilidad para llegar a nuestros sentidos.*

*D: ¿Y porque?*

*E1: Por sus fuerzas de atracción y los gases...sus partículas tiene una menor fuerza de atracción entonces están en constante movimiento lo que hace que se muevan bastante y sea más fácil que lleguen a nuestros sentidos. Que sea más fácil percibirlos.*

*E4: Ahí E1 nos menciona otras características del nivel submicroscópico...los espacios vacíos que se deben a las fuerzas de atracción, entonces ahí nos referimos a lo submicroscópico.*

*D: ¿Alguno tiene otra idea que aportar de ese nivel submicroscópico que nos ayude a abrirnos las puertas para una mejor comprensión del fenómeno? (Todos responden que no).*

*D: Si ven lo difícil que es hablar de lo que uno no conoce. Miren que E1 hizo referencia a lo visto en el video en la clase pasada donde vimos las partículas de un sólido, un líquido y un gas y vimos cómo se comportaban y la diferencia entre uno y otro.*

De este modo, se muestra que este proceso de diferenciación e integración es multiplicativo, es decir, que requiere del uso de distintas formas de representación para poder hacer cada vez más explícita la comprensión (Gómez et al., 2004; Pozo & Rodrigo, 2001) teniendo en cuenta que, lo que un estudiante podía comprender y expresar en un formato se le podía dificultaba en otro y esto se debía a las diferentes habilidades en el uso del lenguaje propias de cada uno. Así, mientras que un estudiante podía ser muy hábil en el formato escrito,

otro lo era más en lo verbal, y por medio de la coparticipación, la docente y los mismos estudiantes reflexionaban sobre aquella habilidad en la que eran fuertes y en la que sentían necesario seguir trabajando, además de ir identificando en qué momentos se debía usar un nivel por encima de otro según la demanda de la tarea.

Por tanto, una de las principales ventajas que tiene el uso de MRE es que le permite al estudiante expresar su comprensión en el formato que más se le facilite sin desconocer los demás empezando a sentir la necesidad de superar esas limitaciones. Esto apoya de manera fundamental el proceso de valoración del progreso de los estudiantes, en la medida en que se promueve una evaluación formativa más que sumativa que emplea la heteroevaluación, la coevaluación y la autoevaluación apoyada en un proceso de crecimiento y desarrollo, de reflexión y reestructuración partiendo de las necesidades identificadas por el mismo estudiante más que del juicio exclusivo del maestro.

Finalmente, podemos afirmar que la comprensión se alcanzó en la medida en que los estudiantes eran capaces de utilizar de manera consciente los tres niveles de representación a través del establecimiento de relaciones semánticas, para poder refinar sus predicciones respecto a observaciones aún no realizadas e ir adquiriendo modelos mentales que les permitieran hacer conexiones entre sus distintas formas de representación y con esto resolver nuevos problemas, que pueden encontrar dentro o fuera de la comunidad de aprendizaje. Así mismo, el uso de las simulaciones facilitó la expresión de la comprensión (véase Figura 12).

**Figura 12**

*Uso del simulador para representar el funcionamiento de un globo aerostático.*



Fuente: Trabajo de los estudiantes usando el simulador Globos y flotación de PhET.

De igual forma, en la cita 64:1, el estudiante expresa su comprensión respecto a este mismo fenómeno empleando la diferenciación e integración del pensamiento multinivel.

*Teniendo en cuenta, el comportamiento de los gases explica el funcionamiento de un globo aerostático, ¿qué se debe hacer para que se eleve? ¿qué se debe hacer para ponerlo en tierra?*

*E7: Para empezar se debe tener mas temperatura que la del ambiente para hacer que las partículas de aire que estén dentro del globo aumenten su movimiento, produzcan mas choques y por esto aumentando la presión interna que ejercen dichas partículas ocupando todo el volumen que se les sea permitido y así su densidad es menor que la del aire que está afuera. Y entonces ¿cómo hacemos para que baje el globo? pues aqui tendríamos que mermer la temperatura gradualmente para que el aire dentro del globo sea más denso que el de afuera. El aire caliente es menos denso que el aire frío, tienen la misma masa pero el volumen que ocupan es diferente.*

**El uso de MRE para representar la comprensión del comportamiento de los gases puede ser obstaculizado por dificultades y limitaciones generales y específicas de cada estudiante**

Durante el proceso de implementación y como resultado del análisis se identificaron las dificultades y limitaciones relacionadas con el proceso de comprensión. Algunas de estas son de orden general y otras son particularmente ligadas a la metodología empleada. Dentro de

las dificultades de orden general están aquellas que han sido ampliamente reconocidas y estudiadas por numerosas investigaciones. En este sentido se mencionan por ejemplos, los llamados modelos mentales alternativos, el uso de modelos sintéticos, el uso del lenguaje cotidiano y dificultades relacionadas con el compromiso y la motivación. Dentro de las dificultades particulares se mencionan aquellas relacionadas con el uso del nivel submicroscópico y las que corresponden al uso del nivel simbólico en los procesos de codificación y decodificación de representaciones.

Es de anotar, que para el presente estudio los modelos mentales son considerados, mas que dificultades como oportunidades que permiten reconocer las formas que tienen los estudiantes de comprender el fenómeno para, a partir de eso, poder plantear estrategias pedagógicas que apoyen al estudiante a reestructurar estas ideas. Principalmente, sustentados en Lloréns (1991), se sostiene que una forma de ayudar al estudiante, en este sentido, es utilizar métodos apoyados en el uso del lenguaje, propuesta que es el eje central del presente estudio. De esta manera, se presenta toda una serie de eventos donde el estudiante E3 expresa un modelo mental alternativo durante la fase de predicción de la primera experiencia, en la que se pretendía representar la relación entre la densidad y la velocidad de difusión. Al final y con el apoyo de la coparticipación y el uso de estrategias pedagógicas como el empleo de analogías, se promovió la reflexión y la reestructuración de las ideas además de la diferenciación e integración de los tres niveles de representación, es decir como resultado del uso de las MRE finalmente la estudiante reestructura su manera de representar su comprensión.

*Pregunta: ¿Esperas que haya alguna diferencia en el tiempo que tarden los participantes en percibir el olor de la sustancia 1 y la sustancia 2? ¿Por qué?*

*E3: Sí, pienso que alguno de los dos tardará más tiempo que el otro. Quizá porque les tome un poco más de tiempo adaptarse al aire. (cita 1:37)*

*Más adelante, después de la observación se le pregunta...*

*¿Cuál de los dos aromas fue percibido más rápido? ¿Cuál fue la evidencia de esto? Explica*

*E3: El aroma de la sustancia 2 fue más rápida. Quizá se le hizo más fácil penetrar en el ambiente ya que ya había sido penetrada una vez. (Cita 1:47)*

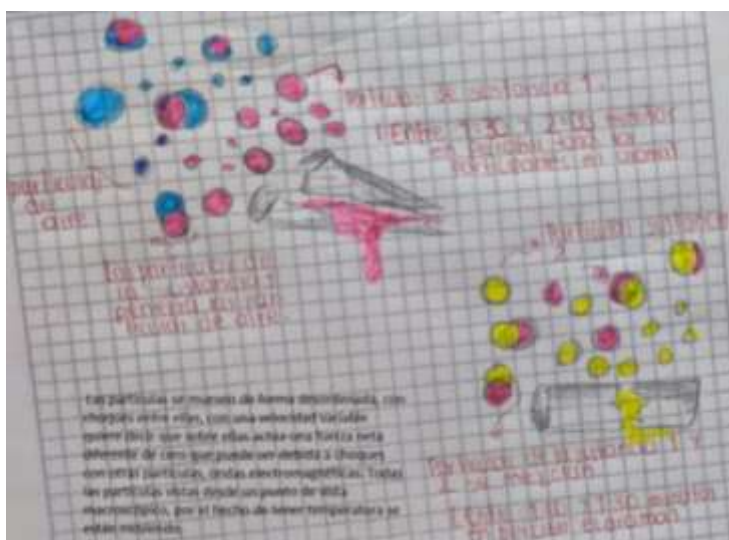
*D: Me gustaría que nos ampliaras tu idea de cómo tu concibes la posibilidad que unas partículas hayan estado primero faciliten que las otras entren más rápido por así decirlo*

*E3: Pues por ejemplo ehhh... supongamos que el lugar donde se encontraban los participantes llevaba más de 20 minutos la primera sustancia, llevaba más de 20 minutos en su ambiente normal pues luego las partículas se combinaron con las partículas del aire y así y luego como luego entre una sustancia y otra hubo un lapso de 20 minutos igualmente no creo que sea el tiempo suficiente para que el ambiente pase a lo normal lo cual creo yo que permite que la sustancia dos sea más fácilmente percibida.*

Esta idea es expresada por la estudiante con la siguiente representación (véase Figura 13)

**Figura 13**

*Representación simbólica de un modelo mental alternativo.*



Fuente: trabajos de los estudiantes

Se observa que la estudiante aplica la discontinuidad de la materia al dibujar las partículas como esferas. Sin embargo, el hecho de aplicar colores a estas es un ejemplo del uso de un modelo mental alternativo en donde le otorga características macroscópicas al nivel submicroscópico. Además, dibuja el aire por medio de partículas de dos tamaños, pero que poseen el mismo color, por lo que no se puede afirmar con certeza si concibe el aire como mezcla de diferentes gases. Por otra parte, representa lo que para ella es “que la sustancia 1 penetra el aire” al dibujar las partículas de la sustancia 1 entrando en las partículas de aire de tal forma que estas finalmente “desaparecen” puesto que para la segunda parte de su dibujo

estas no están y ahora las partículas de la sustancia 2 “penetran” a las de la sustancia 1. Frente a esto, la docente recurre a la simulación para poder apoyar a la estudiante a superar estas concepciones alternativas. Así mismo, invita a los miembros de la comunidad a debatir frente a la idea de la estudiante quien, después de escuchar ideas de los compañeros (coparticipación) y de una analogía usada por la docente (estrategia pedagógica) empieza a reflexionar y ver la necesidad de reestructurar su idea (cita 1:54)

*D: Y ... ¿E3 sigue manteniendo esa idea? ¿si E3? o ya consideras que...*

*E3: Pues la estoy cuestionando. Pues por ejemplo yo, si lo ponemos de esa forma si planteamos la información que vemos en el video con los ejemplos que tú nos estas dando y lo que hemos discutido supondríamos que en el ascensor hay 5 personas y esas 5 representan las partículas de aire y si entran dos personas que son partículas de la sustancia uno al cabo de un tiempo de abrir el ascensor van a quedar las partículas del aire y si entran otras dos de la segunda sustancia habrían nuevamente 7 personas porque ya la otra sustancia se ha ido, expandido como tú dices que los gases ocupan todo el espacio entonces esos gases ya no están ahí, tendrían un nuevo espacio al cual expandirse pues lo van a hacer, no lo facilita pero tampoco lo dificulta.*

*D: entonces no influye eso de adaptarse al ambiente o de que las partículas son penetradas.*

*E3: Si no. no influye.*

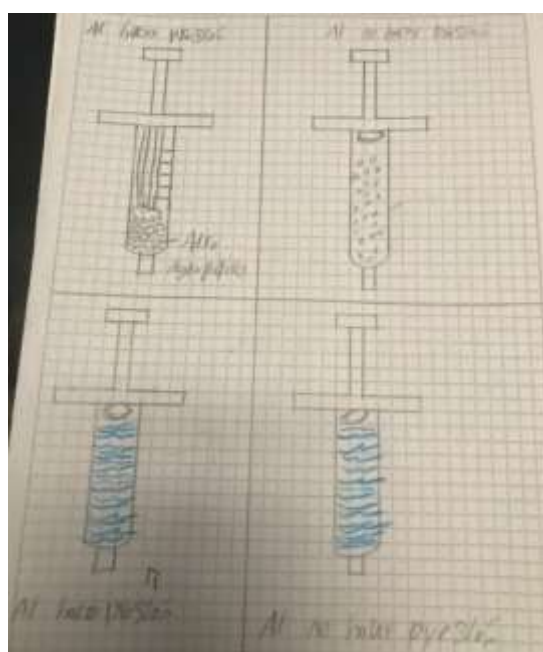
Otra de las dificultades observadas fue el uso de modelos sintéticos, que desde la perspectiva de Vosniadou (1994) se refieren al intento del estudiante de explicar utilizando un conocimiento recibido en el aula pero sin abandonar su conocimiento cotidiano. Así, se observa inestabilidad en el uso de los niveles de representación demostrando que, aunque haga un uso correcto de algunas representaciones, no hay una comprensión real de los conceptos (Lloréns, 1991).

Lo observamos por ejemplo cuando el estudiante E4 hace una representación para explicar lo que ocurre al llenar una jeringa con agua y otra con aire y presionar el émbolo, habiendo previamente, tapado el orificio de salida de la jeringa lo que se muestra en la cita 18:2 (véase Figura 14). El modelo sintético exhibido hace referencia al hecho de que en su representación de las partículas gaseosas el estudiante aplica el concepto de discontinuidad, al dibujarlas como puntos distantes unos de otros, haciendo uso del nivel submicroscópico; mientras que, para representar las partículas de agua, lo hace utilizando líneas continuas, a

pesar de que se había observado un vídeo en el que se evidenciaba el nivel submicroscópico de los estados de la materia y durante el primer encuentro dialógico se trataron las principales diferencias y similitudes a este nivel. En situaciones como esta, la docente hacía uso de la explicación teórica haciendo referencia al video observado y al uso de las simulaciones para poder apoyar a superar la mencionada dificultad.

#### **Figura 14**

*Uso de modelo sintético.*



Fuente: trabajos de los estudiantes.

El uso del lenguaje cotidiano es otra oportunidad para involucrar a los estudiantes en la importancia de establecer un lenguaje común, viendo las potencialidades de uno y otro y estableciendo la relevancia de aprender a emplearlos según el contexto en el que se encuentre. De esta manera, el estudiante no se siente obligado a renunciar por completo a un lenguaje que le es útil en su diario vivir. Por tanto, se queda con la idea de que el lenguaje científico también puede ser usado exitosamente en dichos espacios además se percata de que no requiere del uso de palabras rebuscadas que nadie en su entorno entiende. Lo anterior se alcanza a partir del establecimiento de relaciones semánticas entre el lenguaje científico y el lenguaje cotidiano.

Esto se observa cuando se trata el tema de la compresión de los gases, cuando se le pide a E4 explicar dicho comportamiento durante la experiencia de la jeringa.

*E4: Yo diría que una diferencia es que estamos trabajando con un gas y que la otra es un líquido y que ambas no son iguales.*

*D: estas dándome respuestas macroscópicas, recuerda que debes elaborar una explicación a esa diferencia basada en los comportamientos submicroscópicos, por favor menciónalos.*

*E4: Chocan entre ellas, se mueven por el espacio...*

*E1: las fuerzas de atracción, las distancias entre las partículas.*

*E4: las del aire se agrupan y las del agua no se mueven por más fuerza que se haga. No se mueven porque hay algo que interrumpe, el dedo que está tapando el orificio no deja que se muevan.*

*D: Apoyemos a E4 para que pueda construir la imagen, E1 lo explica desde los líquidos y E2 desde las partículas gaseosas.*

*E4: Las partículas de agua tienen mayor fuerza de atracción y al aplicar fuerza no van a poder moverse. En lo de la fuerza de atracción me pierdo un poquito.*

*...(nuevamente las compañeras y la docente apoyan a E4 para que refine el lenguaje empleado para representar su comprensión...)*

*E4: Las partículas de los gases tienden a expandirse y es porque tienen menor fuerza de atracción lo que permite que se agrupen hasta cierto punto si hay algo que esté ejerciendo presión sobre ellas.*

Se observa que, la palabra agrupar era comunmente utilizada por los estudiantes para representar la disminución del espacio entre las partículas y que esto correspondía en lo macroscópico a la reducción en el volumen. Después de varios diálogos se estableció que podían emplear la palabra pero que este debería ir acompañado del correspondiente significado submicroscópico, en términos de distancia entre partículas, y el macroscópico, refiriéndose al volumen o espacio que ocupan, de esta forma en la siguiente cita se muestra cómo, al finalizar el estudio de dicha característica, el estudiante E3 expresa de nuevo su comprensión.

*E3: El agua pasó de estar en estado liquido, con ayuda del aumento de la temperatura, a estado gaseoso. Lo cual hizo que sus partículas disminuyeran sus fuerzas de atracción y pasaran de estar ocupando menos volumen, de estar cercanas o agrupadas*

*y en movimiento a estar muy distantes entre ellas moviéndose más rápidamente pudiendo llegar hasta la bomba ocupando el espacio en ella, eh...expandiéndose y logrando observar cómo se inflaba.*

Finalmente, las últimas dificultades generales observadas se relacionan con actitudes de los estudiantes como la distracción, poco compromiso con el proceso de aprendizaje o la manifiesta limitación expresada por falta de comprensión o confusión generada por mala interpretación de la pregunta o el manejo directo del formulario de google, que en ocasiones los obligaba a repetir una y otra vez sus respuestas ya que estas se borraban. Las siguientes citas ejemplifican dificultades con el manejo del formulario de google...

*E4: respondí el formulario como tres veces porque se me borraron las rtas entonces en varias ocasiones conteste de manera diferente cita (1:35)*

En la cita 48:1

*D: ¿cómo lo estás comprendiendo, cómo lo entiendes...por dónde asumes que sale el aire del globo?*

*E4: creo que me confundí, porque cuando se quita el dedo en la primera situación se sale el aire por la manguera. ¿En la segunda situación se sella la manguera no?*

*D: No, se sella el matraz*

*E4: Ahhh entonces me confundí, porque pensé que...bueno es que el cuestionario se me cerró varias veces. Y eso me confundió. Entonces yo me confundí y pensé que se sellaba la manguera y no el matraz.*

En la cita 1:57 que se presenta a continuación se muestra cómo los estudiantes manifiestan dificultad por falta de comprensión, interpretación o confusión relacionada con la lectura de la pregunta.

*D: ¿Que dice E4?*

*E4: Me puede repetir la pregunta*

*D: Que si para ti ha sido fácil llegar a la razón de por qué las sustancias se comportaron de esa manera?*

*E4: Desde mi punto de vista me confundí mucho al leer o si lo que comprendía acerca de lo que decía y si se me dificulto un poquito en lo personal a mí, pero escuchando las respuestas de mis compañeros ya pude tener un punto más claro y ver de otra manera el problema.*

Por otra parte, dentro de las dificultades relacionadas directamente con el uso de las MRE, se encontró dificultad para emplear el nivel submicroscópico y dificultad para codificar o decodificar una representación. Este tipo de dificultades han sido reportadas por numerosos estudios indicando que, puede ser originadas por la falta de instrucción al respecto. Considerar que una representación es muy fácil de interpretar o que esa habilidad se desarrolla en otras áreas y que por tanto no es necesario continuar con el proceso, son quizá algunas de las razones por las cuales los docentes no profundizan al respecto. En este sentido, para el presente estudio se considera que las habilidades de representación deben ser promovidas dentro del aula de clase en forma constante, por las ventajas que presentan para el aprendizaje (Millan-Castaño, 2016). Es por esto que, cuando la docente identifica dichas dificultades reflexiona e identifica una estrategia apropiada para apoyar a los estudiantes a superarlas.

La dificultad para codificar y decodificar una representación se identificó cuando los estudiantes eran incapaces de reconocer el significado de un símbolo. Por ejemplo, al pedirles que expresaran el significado de algunas unidades de medida ocurrían tres casos, que por ser una unidad de amplio uso era fácilmente conocida por ejemplo las medidas de volumen como el mililitro; pero en el caso de las medidas de temperatura hubo algo de dificultad al reconocer el símbolo de los grados Kelvin, unidad en la que comunmente se expresa la temperatura al trabajar con gases. En el caso de la presión, se observó la mayor dificultad, al no reconocer unidades de presión como las atmósferas, diciendo que era presión atmosférica, los mmHg, donde indicaban que mm significaba mililitros en vez de milímetros y aunque reconocían Hg como el símbolo de un elemento químico, no recordaban el nombre y se les dificultó establecer la conexión. En esos casos específicos la docente utilizó la explicación teórica, para hacerles ver la diferencia en significado entre mL y mm y explicar las diferentes unidades de medida en

las que se expresa la presión. El siguiente diálogo es un ejemplo de una conversación sostenida entre los estudiantes y la docente relacionado con lo anterior en la cita 22:1

*E3: el volumen representado por los mililitros, no se como se lee la unidad de medida que sigue pero se escribe mmHg lo primero que me imagino que es milímetros y lo otro no lo sé. Las variables son el volumen representado por una V y la presión con una P.*

*E4: las variables son volumen y presión, el volumen se representa con una V y la presión con una P y la unidad de medida para el volumen es mililitros y para el otro no sé.*

*E1: el volumen esta en mililitros, la presión está en milímetros de mercurio y atm es atmosferas y es una unidad de medida de la presión.*

*D: Miren por favor el símbolo de los mililitros y miren la unidad de medida de la presión. ¿Son la misma?*

*E1. No, no son iguales.*

*D: Una es mL, mililitros, y el otro es mm. ¿Alguien sabe que significa?*

*E2: Es milímetros. Mililitros es una medida de volumen.*

*D: Milímetros muy bien y es una unidad de medida de ¿qué magnitud?*

*E2: de..¿distancia?*

*D: El barómetro mide la altura que alcanza el mercurio dependiendo de la presión atmosférica. Otra forma de medir la presión es en atmósferas que se simboliza como atm.*

Así mismo, se especificó el establecimiento correcto de las relaciones a partir de la identificación de la variable independiente y la variable dependiente resaltando la importancia de diferenciarlas en la manera apropiada. Un ejemplo al respecto se observa cuando se establece el siguiente diálogo de la cita 8:58.

*D: Ok. Vamos con E1 ¿cuál es la relación entre la densidad y la masa?*

*E1: Entre más masa, ocupando el mismo volumen, mayor es la densidad. Es directamente proporcional.*

*D: Docente: y ¿Cómo relaciono la densidad con la velocidad?*

*E1:: Yo creo que, entre menos velocidad mayor va a ser la densidad.*

*D: La densidad no puede depender de la velocidad, es al revés. cuando uno tiene dos variables, va a haber una que es la variable dependiente y la otra es la independiente.*

*La variable dependiente es la que se va a ir viendo modificada cada vez que la variable independiente se modifique. No se puede decir que si tengo una canica con una velocidad  $x$  y si la empujo para que tenga más velocidad va a aumentar su densidad o va a disminuir su densidad.*

*E1: Pues yo hablaba de movimiento individual de cada partícula.*

*D: sí, pero el asunto está en la forma en la que se expresa la relación. ¿Como es la relación densidad-velocidad?*

*E1: Pues sí. pues así mismo, pero al revés como lo dije...entonces. Entre más denso...más densidad haya menor va a ser la velocidad y la relación es inversamente proporcional.*

Para la estudiante, expresarlo de una u otra forma era equivalente, sin embargo se le hizo ver que los significados son distintos y que el lugar en el que se presentan las variables no es aleatorio ya que la interpretación se puede ver afectada. Esta dificultad es común y puede afectar el éxito de un estudiante que deba elaborar una gráfica cartesiana (Perez et al., 2007).

Por otra parte, en la cita 59:11 los estudiantes manifiestan dificultad con la interpretación de un diagrama de fases, actividad que se empleó para identificar su capacidad para extrapolar los conocimientos de interpretación adquiridos. Esta limitación se relaciona con la dificultad en la interpretación de gráficas que involucren procesos de decodificación (García, 2005).

*E4: no profe, de pronto tenía que ser más consciente no todo puede ser culpa del formulario, pero entonces las variables constantes es el salero, yo le hice zoom a eso, y ni idea, y lo que cambia son las velas y el volumen.*

*E3: profe, yo si tenía mi idea, pero la complementé con Google. Me costó mucho entender la gráfica. Hubo preguntas que me salté. Iba respondiendo otras preguntas, en un principio fue porque no la entendí bien y por eso decidí buscar.*

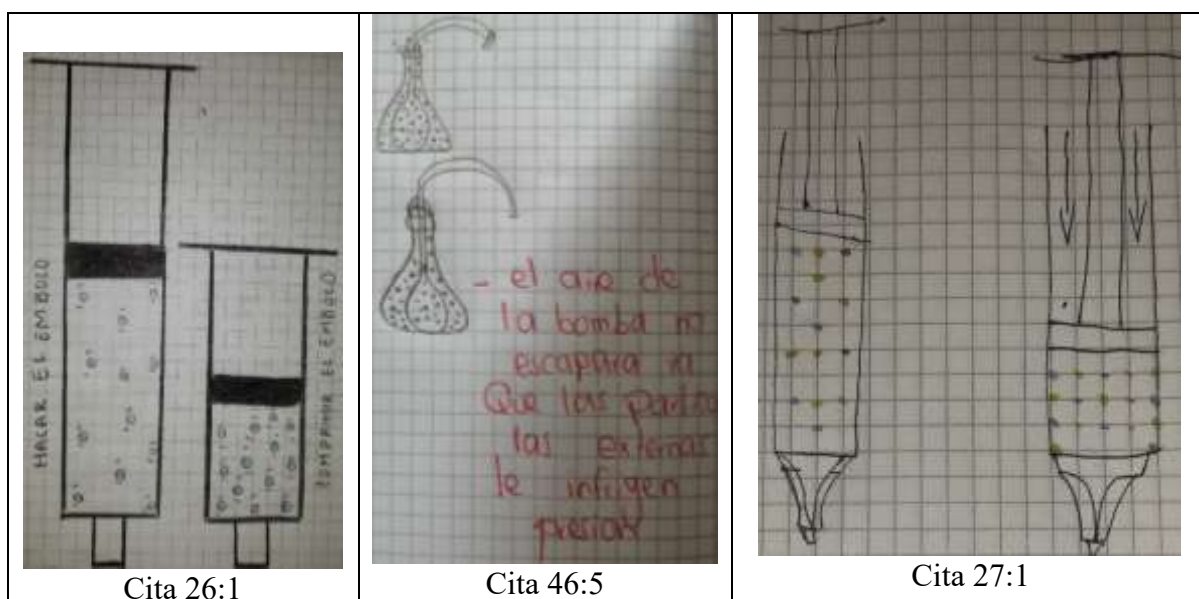
*E2: para mí también fue difícil interpretar la gráfica. Lo que no entendí fueron esas rayas, los puntos si entendí bien. Es que pensé que era una gráfica de las que expresan relaciones directas o inversas, pero no entendía de dónde salía esa otra línea.*

Otra situación presentada, fue el escaso uso de convenciones por parte de los estudiantes, si bien empleaban símbolos como flechas, para representar movimiento o choques de manera indistinta, no explicitaban el significado del símbolo, por lo que la docente les hizo caer en cuenta de la necesidad de aclararle al posible lector lo que ellos querían comunicar al ser un símbolo tan polisémico. Durante las sesiones dialógicas, en el momento de interpretación

de los dibujos, se identificaban estas falencias, y entre los mismos estudiantes se hacían observaciones de mejora. Sin embargo, esta fue una de las dificultades más difíciles de superar, a pesar de las múltiples explicitaciones al respecto, la mayoría de los estudiantes mantuvieron un escaso uso de convenciones, o a veces las empleaban para hacer referencia al nombre de cierto elemento presente en su representación pero no en todos. Esto se muestra en las siguientes citas presentadas en la Figura 15.

### **Figura 15**

*Dificultades de codificación-decodificación de representaciones.*



Fuente: Trabajos escritos de los estudiantes.

Por ejemplo el estudiante E6, empleaba las comillas para poder representar el movimiento de las partículas, como se observa en la cita 26:1 pero no empleaba convenciones para explicitarlo al lector, asumiendo que era fácil decifrarlo por su uso común, según expresó cuando se le indagó al respecto. En la cita 27:1 se observa como el estudiante no emplea ningún tipo de símbolo ni convención dejando a libertad del lector la interpretación, de igual forma “organiza” la forma en que se ubican las partículas, desconociendo los movimientos al azar de éstas. Finalmente, en la cita 46:5 además de no emplear símbolos ni convenciones que aclaren al lector la intención de quien elabora la representación, se observa que no tiene en cuenta la ley de conservación de la materia evidenciada en un número indiscriminado de las partículas.

Para terminar, las dificultades asociadas al uso del nivel submicroscópico se evidenciaron cuando se observó o manifestó verbalmente alguna dificultad para identificar o establecer relaciones entre los diferentes elementos submicroscópicos que se plantearon ya sea al trabajar con el simulador o al dar explicaciones del fenómeno. De igual manera, hubo momentos en los que los estudiantes eran incapaces de identificar alguno de los comportamientos propios de este nivel o cuando en sus representaciones no empleaban ningún elemento que hiciera referencia a este, a pesar de que ya se habían explicitado los códigos para su interpretación. Esta dificultad se puede traducir en problemas de comprensión sobre el fenómeno en sí (Gabel, 1993; Treagust et al., 2003; Wu, 2003).

En los siguientes ejemplos se manifiestan respuestas en las que, a pesar del trabajo realizado con el nivel submicroscópico, aún se detectaban dificultades en la interpretación y los estudiantes expresaban no tener una explicación a lo observado o simplemente expresaban ideas que explicaban lo que ocurría. Se aclara que esta dificultad fue principalmente identificada en los trabajos escritos (formularios de google) y que durante la sesión dialógica fueron apoyados para hacer reflexión y reestructuración al respecto. En la cita 42:2

*D: ¿Qué ocurrirá con el agua que fue agregada en el embudo ubicado en la boca de una matraz, si después de frotarnos las manos, las colocamos suavemente a los lados del erlenmeyer (el espacio libre entre las paredes del embudo y la boca del matraz fueron selladas con plastilina).*

*E7: lo que creo que pasa es que el agua se empezara a mover gracias a la cantidad de energía que tienen las manos.*

*E8: Ya que las manos al frotarse producen calor tal vez calentará el contenedor, pero no se notará ya que el calor producido no se encontrará*

*E9: Tal vez al hacer esto el flujo de agua sea menos constante o detenga su flujo de caída por completo.*

*E4: Pienso que no pasará nada, simplemente estarán las manos ahí sin causar ningún efecto.*

*E3: Pienso que quizá el matraz obtenga la misma temperatura que nuestras manos. Pero solo la parte en la que las manos cubren el matraz.*

*E1: pues yo creo que nada, el calor de tus manos es muy bajo para que haya una reacción.*

En la siguiente cita se hace referencia a la reflexión que se hace frente a la dificultad con el manejo del nivel submicroscópico cuando se pidió que dieran una explicación a una situación experimental. Esto ocurre porque se expresa en el nivel macroscópico y la estudiante indica claramente, durante un encuentro dialógico (cita 48:3), que ese nivel es descriptivo y que lo emplea porque tiene problemas para dar una explicación.

*D: ¿diste alguna explicación?*

*E1: No no di ninguna explicación haber te la doy...en una el aire este comprimido dentro de la bomba cuando el matras esta sellado y en la otra, como por naturaleza el gas tiende a expandirse y al haber una salida, al quitar el dedo el aire sale de la bomba.*

*D: pero igual eso no es una explicación, vuelves a decir simplemente lo que pasó, la única razón que das es que los gases se expanden y que por eso al tener por donde salir pues lo hacen.*

*E1: Yo sólo hice la descripción porque realmente no sé que es lo que pasa, no puedo explicarlo.*

*D: Recuerden la utilidad de las predicciones en contraste con las observaciones y las diferencias entre usar el nivel macroscópico para describir y el submicroscópico para explicar. Si bien usaron el macro para decir lo que esperaban ver no usaron el submicro para explicar por qué ocurría eso, o por qué esperaban que eso sucediera.*

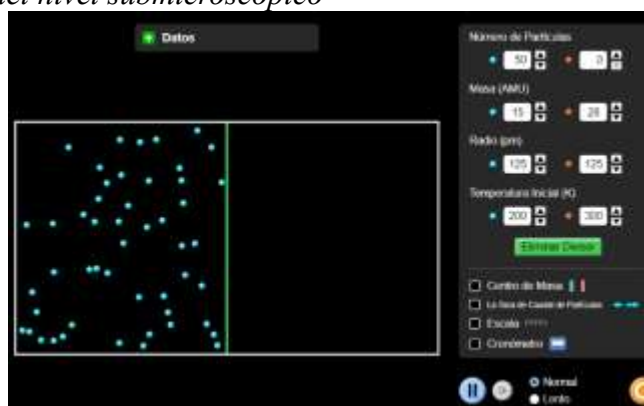
Es de considerar que, a medida que se fueron realizando las actividades y gracias al uso de los simuladores esta dificultad fue siendo poco a poco superada. No se podría afirmar que fue una dificultad superada por completo o por el 100% de los estudiantes sino que fue una destreza que se fue desarrollando y alcanzando de acuerdo a las distintas formas, ritmos y habilidades de aprendizaje de los estudiantes.

En otra ocasión, cuando se solicitó utilizar el simulador para representar las partículas que componen el aire, los estudiantes E3 y E4 lo representan usando un solo tipo de partícula lo que indica que no lo consideran como una mezcla de gases a pesar de que esto se había tratado con anterioridad. En la simulación modificaron los valores de las partículas azules que

escogieron para representar las partículas de aire mientras que, los valores de las partículas rojas no los cambiaron puesto que no las emplearon. Los criterios para escoger cómo modificar los valores de número de partículas, masa, radio y temperatura de las partículas azules fueron totalmente intuitivos puesto que no indicaron claramente la razón de sus elecciones expresando, por ejemplo, que la temperatura la dejaron en 250K por que estaba haciendo frío y que la decisión respecto al valor de la masa la basaron en la idea de que el aire es liviano. Cuando se cuestionó si sabían a qué valor de temperatura en grados Celsius correspondía esa medida, indicaron que no lo tuvieron en cuenta (véase Figura 16).

**Figura 16**

*Dificultad en el uso del nivel submicroscópico*



Fuente: elaborado por los estudiantes E3 y E4 durante el uso del simulador de gases de PhET.

## Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones

Partiendo de elementos como el problema, los objetivos, el diseño metodológico y los resultados de este estudio es conveniente la formulación de varias afirmaciones que permiten recoger las principales conclusiones a las que este proceso de indagación ha llevado. Por tanto, se mencionan aquellas relacionadas con la planeación e implementación del conjunto de actividades de aprendizaje; además cómo se expone cómo el uso de MRE favorece la comprensión sobre el fenómeno desde las perspectivas del pensamiento multinivel y la semiótica social. De igual forma se redactan algunas recomendaciones para investigaciones futuras.

En lo relacionado con el primer objetivo, se puede concluir que la planeación se desarrolló bajo un proceso reflexivo elaborado con rigurosidad y atendiendo a las necesidades específicas del contexto y de la población a la que va dirigida la enseñanza guiado por referentes curriculares de orden general y específicos de la educación, la pedagogía, la enseñanza y el contenido. Para esto, el instrumento de la CoRe facilita y dirige dicha reflexión puesto que al ir respondiendo cada una de las preguntas propuestas por el instrumento, el docente debe explicitar sus decisiones metodológicas e instruccionales partiendo de aquello que para los estudiantes representa un obstáculo, dificultad y limitación pudiendo así ajustar las estrategias pedagógicas a emplear a las necesidades, requerimientos y contexto de estos. Además, esta herramienta permitió que se vincularan las MRE de una manera coherente y apropiada a los objetivos de la enseñanza planteados en este estudio.

En cuanto a la implementación de las actividades planeadas, es claro que el contexto en el cual se desarrolló el presente estudio ha sido totalmente inigualable. Si bien estamos sumergidos en una sociedad de la información y obviamente esta investigación promueve de manera directa el empleo de las TICs como herramientas esenciales y sumamente ventajosas como un tipo de MRE en el aula de química, no se podía vislumbrar que, los espacios físicos

de compartir el saber, como son las aulas de clase, y las relaciones físicas persona a persona iban a ser cambiadas de manera obligatoria por un computador, un celular y un programa de comunicación virtual. Así, la emergencia sanitaria debida a la pandemia COVID 19, representó para este estudio una posibilidad que abrió las puertas a la búsqueda de soluciones adaptadas y adaptables a la situación. Obviamente, el ambiente virtual bajo el que se desarrolló este estudio presentó ciertas desventajas puesto que los estudiantes tenían acceso inmediato a buscadores a los que recurrían en ciertas ocasiones cuando se sentían incapaces de responder a una pregunta. Así mismo, se dificultaba tener control sobre elementos de distracción diferentes a los que se presentan en un aula presencial. Por esto, para ninguno de los que hicieron parte de esta investigación fue algo sencillo de sobrellevar sin embargo representó un reto que fue positivamente superado y que puede ser usado como guía para futuras investigaciones y de útil aplicación en la enseñanza virtual.

De igual forma, el uso de MRE desde la perspectiva del pensamiento multinivel en el aula favoreció que los estudiantes expusieran con claridad la utilidad de cada uno de los niveles de representación de la química pudiendo establecer relaciones semánticas que evidenciaron la diferenciación e integración de estos niveles. Esto se vio reflejado cuando los estudiantes emplearon cada uno de los niveles a partir de la funcionalidad o rol que desempeñaban al explicar un fenómeno, es decir en el momento en que debían expresar su comprensión. Así pues, esta diferenciación e integración les permitió formular de manera más precisa y adecuada, según la demanda de la tarea, los conocimientos adquiridos respecto al fenómeno.

Por su parte, la vinculación del lenguaje al aula desde las MRE fue considerado como un puente que enlazó el pensamiento multinivel y la semiótica social. Es decir, los estudiantes reconocieron la importancia del establecimiento de códigos de uso del lenguaje específicos a los requerimientos y características de cada miembro del aula de clase y al contenido que se trabajó. En este sentido, el establecimiento de un lenguaje común basado en el uso de los tres

niveles de representación fue empleado con éxito por la mayoría de los miembros de la comunidad de aprendizaje. Concluyendo que, la acción de llevar al aula estos niveles y pasar de uno a otro clarificando sus características, funcionalidades, significados y ventajas fue lo que finalmente favoreció su comprensión sobre el comportamiento de los gases.

Adicionalmente, los estudiantes reconocieron la utilidad de emplear simulaciones como un tipo de MRE que, además del lenguaje oral y escrito, disminuyó sus dificultades para conocer y representar el nivel submicroscópico. Esto debido a que reconocieron que los dibujos elaborados en formatos 2D tenían varias restricciones que dificultaban la representación de los aspectos dinámicos de la teoría cinético molecular. Así mismo, se reconoce la potencialidad de la técnica POE (Predecir, Observar y Explicar) como estrategia pedagógica que aplicada durante la realización de situaciones experimentales facilita el acceso a las distintas formas que emplean los estudiantes para expresar tanto sus representaciones internas (modelos mentales) como externas que orientan al docente en la elección de estrategias para apoyar a los estudiantes a superar las dificultades que se identifiquen.

En concordancia con lo anterior, considerar el aula de clase como una comunidad de aprendizaje favoreció la comprensión desde la perspectiva de la semiótica social. Esto en la medida en que se dio valor a lo expresado por todos los miembros de la comunidad. Además, los estudiantes encontraron muy útil poder compartir sus ideas y escuchar las de los demás para poder llegar a consensos que les permitían reflexionar y reestructurar sus ideas a la luz de la discusión. Así, los procesos reflexivos individuales y en comunidad promovieron la reestructuración de la forma de representar la comprensión. De esta manera, a partir del establecimiento de significados y formas de significar se determinó un lenguaje común que pudo ser utilizado no sólo en los contextos académicos sino también en lo cotidiano. Lo anterior permitió que el estudiante viera el beneficio que tiene la ciencia en el diario vivir acercándose a esta con mayor seguridad y confianza siendo capaces de extrapolar su aprendizaje cuando se

les solicitó explicar situaciones adicionales a las trabajadas experimentalmente como el funcionamiento de un globo aerostático, las diferencias entre el aire caliente y el aire frío, la aplicación de la relación entre la altura y la presión atmosférica entre otros.

Se considera importante aclarar que, en estudios con esta perspectiva, no se puede pensar que la comprensión sobre un fenómeno es un producto terminado. Puesto que, al hablar de favorecerla se está pensando en un proceso que se debe llevar a cabo de manera constante y que, como todo proceso, es importante utilizar la retroalimentación como parte de éste. Los estudiantes pudieron ser exitosos al expresar su comprensión en un formato y para una situación específica y en otra no demostrarlo. Esto no significa que los esfuerzos han sido en vano, sino que justamente la valoración y la enseñanza deben ser continuas y formativas. Además, se deben considerar metas que poco a poco van siendo alcanzadas con avances y retrocesos, pero sobre todo con la plena seguridad que, la identificación, el desarrollo y la aplicación de diferentes habilidades es lo que asegura el verdadero éxito de los estudiantes en su vida, para resolver sus problemas o responder sus interrogantes teniendo como aliadas todas las habilidades y herramientas que brinda la ciencia y que deben ser usadas en el aula.

En lo que concierne a la comprensión alcanzada por los estudiantes respecto al comportamiento de los gases, se puede concluir que inicialmente se presentó un uso del nivel macroscópico para dar explicaciones. Pero gracias a la metodología empleada, los estudiantes fueron capaces de diferenciar los tres niveles de representación integrándolos con claridad y empleándolos exitosamente. Así poco a poco, como resultado de las interacciones reconocieron las distintas funcionalidades de cada nivel. Usando el nivel macroscópico para describir lo que observaban o cuando se les pedía elaborar una predicción; de igual forma empezaron a emplear el nivel submicroscópico para poder dar razón de esta. Finalmente, demostraron el uso no sólo del lenguaje verbal y escrito, sino que fueron capaces de usar las simulaciones y los dibujos como parte del nivel simbólico para dar cuenta de su aprendizaje. Aunque, a algunos se les

dificultó emplear símbolos y convenciones en los dibujos que elaboraban quizá porque no vieron la necesidad expresando que era más útil recurrir a las simulaciones.

Adicionalmente, se concluye que el uso de MRE puede verse obstaculizado por dificultades y limitaciones como la distracción, la falta de compromiso por parte del estudiante, la mala interpretación de una pregunta o el manejo de herramientas ofimáticas. De igual forma, aspectos propios del uso del pensamiento multinivel y los modelos mentales usados por los estudiantes se deben tener en cuenta como oportunidades más que como obstáculos para los cuales el maestro debe planear estrategias que apoyen al estudiante en su proceso de mejora.

Además, se puede concluir que la teorización apoyada en cada una de las generalizaciones naturalísticas facilitó la descripción e interpretación de significados de las acciones, representaciones y razonamientos de los estudiantes durante las interacciones dentro de la comunidad de aprendizaje. Esto permitió explicar y responder la pregunta de investigación, mediante el establecimiento de relaciones entre el uso de las MRE, el pensamiento multinivel y la semiótica social en el favorecimiento de la comprensión del comportamiento de las sustancias gaseosas.

La perspectiva de investigaciones futuras que sigan la misma óptica del presente estudio debe considerar la existencia de las diversas herramientas tecnológicas a disposición para ser llevadas al aula de clase. Acoplar a las características de los sujetos y del contexto. Teniendo en cuenta que la aplicación de propuestas como la presente demanda mucho tiempo tanto en el proceso de planeación como de implementación, por lo que se recomienda generar estrategias claras en cuanto al currículo para poder cumplir con los requerimientos institucionales. Sin embargo, se aclara que el resultado en cuestiones de aprendizaje y seguimiento recompensa el tiempo invertido y representa una ganancia aún mayor.

Se recomienda que, al usar MRE y durante el establecimiento del lenguaje común se propongan reglas claras y concertadas por todos los miembros de la comunidad, promoviendo

además estar comprometidos a usarlas. Lo anterior se recomienda en la medida en que el uso del nivel submicroscópico demanda la superación de barreras que van más allá de representar lo que no se puede ver a través de simbología, convenciones o esquemas, sino que se trata de todo un conjunto de herramientas que de no hacerse visibles pueden llevar a la consolidación y mantenimiento de los mencionados modelos mentales alternativos o impedir su correcta reestructuración. Por cuanto debe ser un proceso natural y promovido como producto de la reflexión y la necesidad otorgada por cada estudiante más que como algo obligado por el profesor.

De igual manera, se recomienda promover la interacción dialógica entre los miembros del aula de clase, dejando atrás la concepción de la enseñanza como la mera transmisión de información y más bien viéndola como la promotora de consensos y disensos que establecidos en ambientes de respeto, escucha y concertación permiten que los estudiantes se sientan motivados y a gusto con su aprendizaje, donde la construcción conjunta de conocimiento a partir de la interacción sea un proceso natural y aceptado.

Adicionalmente, se resalta el uso de los simuladores PhET puesto que no sólo son muy diversos en cuanto al tema de los gases sino también en muchos otros tópicos de la química, la física y la biología. Además, se destaca su accesibilidad, presentación y fácil uso para los estudiantes y docentes. De igual manera, se recomienda la utilidad del programa ATLAS.ti en estudios de tipo cualitativo al facilitar el manejo de los datos y el proceso de codificación y la presentación gráfica en la creación de redes entre las categorías.

## Capítulo 7 Anexos

### Anexo 1 Planeación de las actividades de aprendizaje (CoRe )

#### INSTITUCIÓN EDUCATIVA ALFREDO POSADA CORREA

**Concepto estructurante:** Comportamiento de los gases

**Núcleo conceptual:** Discontinuidad de la materia. **Esquemas conceptuales:** Conservación de la materia, Interacción, proporción y correlación.

**Estándar básico de competencias:** Establezco relaciones entre las características macroscópicas y microscópicas de la materia y las propiedades físicas y químicas de las sustancias que la constituyen.

**Acciones de pensamiento:**

| Me aproximo al conocimiento como científico-a natural                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Manejo conocimientos propios de las ciencias                                 | Desarrollo compromisos personales y sociales                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Entorno físico                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>•Identifico variables que influyen en los resultados de un experimento.</li> <li>•Propongo modelos para predecir los resultados de mis experimentos y simulaciones.</li> <li>•Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas en forma organizada y sin alteración alguna</li> <li>•Establezco diferencias entre descripción, explicación y evidencia.</li> <li>•Establezco relaciones causales y multicausales entre los datos recopilados.</li> <li>•Relaciono la información recopilada con los datos de mis experimentos y simulaciones.</li> <li>•Saco conclusiones de los experimentos que realizo, aunque no obtenga los resultados esperados.</li> <li>•Persisto en la búsqueda de respuestas a mis preguntas.</li> <li>•Propongo y sustento respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otros y con las de teorías científicas.</li> <li>•Comunico el proceso de indagación y los resultados, utilizando gráficas, tablas, ecuaciones aritméticas y algebraicas.</li> </ul> | Comparo los modelos que explican el comportamiento de gases ideales y reales | <p>Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos.</p> <p>Cumplo mi función cuando trabajo en grupo y respeto las funciones de las demás personas.</p> <p>Reconozco y acepto el escepticismo de mis compañeros y compañeras ante la información que presento.</p> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

**DBA #3:** Comprende que el comportamiento de un gas ideal está determinado por las relaciones entre Temperatura (T), Presión (P), Volumen (V) y Cantidad de sustancia.

**Evidencias de aprendizaje:**

- Interpreta los resultados de experimentos en los cuales analiza el comportamiento de un gas ideal al variar su temperatura, volumen, presión y cantidad de gas, explicando cómo influyen estas variables en el comportamiento observado.
- Explica el comportamiento (difusión, compresión, dilatación, fluidez) de los gases a partir de la teoría cinético molecular.
- Explica eventos cotidianos, (funcionamiento de un globo aerostático, pipetas de gas, inflar/ explotar una bomba), a partir de relaciones entre variables como la presión, la temperatura, la cantidad de gas y el volumen, identificando cómo las leyes de los gases (Boyle- Mariotte, Charles, Gay-Lussac, Ley combinada, ecuación de estado) aplican en cada caso.

**Habilidades de pensamiento científico:**

**Investigación:** Indaga sobre información adicional para respaldar explicaciones basadas en los datos obtenidos en experiencias propias y en fuentes científicas.

**Representación:** Organiza datos en tablas y gráficos, obtenidos en investigaciones que realiza de manera individual y en equipos de trabajo.

**Comunicación:** Comunica el proceso de indagación y de resultados con el uso de gráficos, tablas, ecuaciones y otros formatos.

Participa en debates en los que reporta los resultados obtenidos en procesos de indagación.

**GRAN IDEA:** La teoría cinético molecular describe el comportamiento submicroscópico de las partículas de los gases para explicar el comportamiento macroscópico y las leyes experimentales de los gases desde una perspectiva cualitativa y precuantitativa.

**SUB IDEA 1:** La difusión, expansión, compresión y dilatación son características del comportamiento macroscópico (físico) de las sustancias gaseosas.

**SUB IDEA 2.** Las partículas (átomos y moléculas) de los gases ocupan todo el espacio del que dispongan, no presentan fuerzas de atracción ni repulsión intermolecular debido a la presencia de amplios espacios vacíos entre ellas, además poseen una energía cinética intrínseca gracias a la cual se mantienen en constante movimiento rectilíneo, a velocidad variable y chocan constantemente entre sí y contra las paredes del recipiente que las contenga, sin que haya pérdida o ganancia de energía.

**SUB IDEA 3.** El comportamiento macroscópico de los gases depende de características específicas como el volumen, la temperatura, la presión y el número de partículas.

**SUB IDEA 4.** Existen relaciones de proporción entre las variables que afectan el comportamiento de un gas (volumen, la temperatura, la presión y el número de partículas)

| PREGUNTA                                                                | SUB IDEA 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | SUB IDEA 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | SUB IDEA 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | SUB IDEA 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?</b> | Se intenta que los estudiantes diferencien e integren el pensamiento multinivel (Nivel macroscópico, submicroscópico y simbólico) y empleen las Múltiples Representaciones Externas (MRE) para explicitar su comprensión respecto al comportamiento de los gases en una interacción social que promueve la reflexión y la reestructuración del conocimiento a partir de la transacción de significados y formas de significar.                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                                                         | Que los estudiantes reconozcan algunas propiedades macroscópicas del comportamiento de los gases en situaciones de su vida cotidiana. Que expresen sus modelos mentales alrededor de este comportamiento. Que describan el comportamiento macroscópico, es decir que sean capaces de interpretar propiedades de los gases como la difusión, la compresibilidad y la dilatación – contracción térmica (expansión) desde una perspectiva fenomenológica, es decir cada comportamiento será estudiado por medio de una situación fenoménica que lo represente. | Se espera que el estudiante comprenda que el arreglo intermolecular de los gases y el movimiento de las partículas de un gas explican su comportamiento. Que expliquen la discontinuidad de la materia en términos de características submicroscópicas de los gases como:<br><br>1. Los gases están formados por partículas (átomos o moléculas) que poseen una energía intrínseca por lo que se encuentran en constante movimiento. La intensidad de dicho movimiento determina la temperatura del gas.<br><br>2. El movimiento de las partículas es en línea recta y completamente aleatorio con velocidad variable, por lo que pueden chocar unas con otras y contra el recipiente que las contiene.<br><br>3. Que el movimiento de las partículas se debe a la energía cinética que | Se espera que el estudiante identifique, reconozca, describa y diferencie las variables que afectan el comportamiento macroscópico de un gas y que conozca su equivalente en el nivel submicroscópico para que diferencie e integre los tres niveles de representación de la química (Johnstone, 1982).<br><br>Que el estudiante reconozca que los gases presentan propiedades generales y específicas de la materia como la masa, peso, volumen, densidad. | Se espera que los estudiantes reconozcan y establezcan, en términos cualitativos, las relaciones proporcionales que existen entre las variables que afectan el comportamiento de un gas.<br><br>Se espera que los estudiantes apliquen las relaciones de proporcionalidad para poder predecir y explicar lo que ocurre cuando se afecta una de las variables, lo que implica resolver |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |                                                                  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>posean y esta puede variar según la temperatura del sistema.</p> <p>4. Que las partículas se encuentran a grandes distancias unas de otras por lo que no pueden existir fuerzas de atracción ni repulsión entre ellas. Además, entre ellas existen espacios vacíos. Esto corresponde al volumen del gas.</p> <p>5. Las partículas del gas chocan elásticamente unas con otras y contra las paredes del recipiente que las contiene y la frecuencia de dichas colisiones explica la presión que ejercen los gases.</p> <p>6. Que sean capaces de comprender y elaborar representaciones submicroscópicas de las partículas gaseosas para explicar el comportamiento macroscópico.</p> <p>7. Que puedan explicar el comportamiento macroscópico de los gases en términos del comportamiento submicroscópico.</p> |  | <p>problemas cotidianos usando la teoría cinético-molecular.</p> |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------|

|                                                            | SUB IDEA 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | SUB IDEA 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | SUB IDEA 3                                                                                                                                                                                                                               | SUB IDEA 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                            | <p>Es importante construir con los educandos un modelo que les permita hacer una representación cercana del mundo submicroscópico para explicar el mundo macroscópico (Gómez, Pozo, &amp; Gutiérrez, 2004; Martínez, 2016). Establecer relaciones entre los tres niveles de representación favorece la comprensión de los fenómenos al favorecer los procesos de descripción, explicación y representación (Johnstone, 1982). Es importante conocer las representaciones de los estudiantes para poder identificar modelos mentales que pueden ser el origen de las dificultades de aprendizaje y así adecuar la planeación para promover un aprendizaje sustentable (L. R. Galagovsky et al., 2003). A través de la práctica social el estudiante puede interactuar con varios tipos de representación significativamente al moverse conceptualmente entre los tres niveles de representación (Kozma, Chin, Russell, &amp; Marx, 2000; Wu, 2003).</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2. ¿Por qué es importante que los alumnos sepan esta idea? | <p>El nivel macroscópico del fenómeno facilita procesos de descripción, al mismo tiempo brinda un marco experiencial que promueve la activación de los modelos mentales pudiendo hacer predicciones basadas en experiencias anteriores o cotidianas para desafiarlas y generar la necesidad de obtener más información al contrastar sus opiniones con las de sus compañeros activando la construcción social del conocimiento, esto permite destacar el aspecto empírico y social de la ciencia.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>El nivel submicroscópico posibilita que el estudiante pueda conocer las características intrínsecas del fenómeno para poder explicarlo. Acceder a este nivel promoverá que el estudiante amplíe sus representaciones del fenómeno generando nuevas ideas al respecto. Además, facilitará los procesos de comprensión al disminuir el grado de abstracción que demande el fenómeno representado, ejercitando la formulación de modelos en clase diferenciando entre observación e interpretación.</p> | <p>El nivel macroscópico representado bajo el nivel simbólico permitirá que el estudiante sea capaz de utilizar el lenguaje propio de las ciencias partiendo de su propio lenguaje mediante el establecimiento de un lenguaje común.</p> | <p>El esquema conceptual de proporcionalidad permitirá que el estudiante sea capaz de extrapolar su conocimiento pudiendo resolver problemas desde una situación sensorial a una situación más abstracta. Así mismo facilitará los procesos de comprensión del comportamiento de las sustancias en estado gaseoso para poder explicar</p> |

|                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                   |                                                                                                                     |                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                   |                                                                                                                     | fenómenos relacionados propios de su vida cotidiana. (R. B. F. Candela & Viáfara, 2014). |
| <b>PREGUNTA</b>                                                                              | <b>SUB IDEA 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>SUB IDEA 2</b>                                 | <b>SUB IDEA 3</b>                                                                                                   | <b>SUB IDEA 4</b>                                                                        |
| 3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y qué no incluye en sus explicaciones a sus alumnos)? | Problemas cuantitativos relacionados: cálculo de velocidad de difusión o efusión.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Los tipos de fuerzas de atracción intermolecular. | Las unidades de medida empleadas para expresar cada una de las variables ni problemas de conversión entre unidades. | Problemas de tipo cuantitativo                                                           |
| 4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?     | <p>Los estudiantes presentan dificultades para comprender el mundo simbólico y submicroscópico, al no establecer relaciones entre estos dos niveles debido al alto nivel de abstracción que demandan, modelos mentales incompletos o inapropiados e incompatibilidad entre el aula de ciencias y las experiencias de la vida real (Wu, 2003; Furió &amp; Furió, 2018). Además, tienen problemas de representación de lo no observable y le atribuyen propiedades del nivel macroscópico al nivel submicroscópico (Gómez et al., 2004) también presentan serios inconvenientes para aplicar el modelo cinético molecular en la interpretación de aspectos macroscópicos (Kind, 2004; Ibáñez &amp; Gianna, 2012; Furió &amp; Furió, 2018) ya que este exige un mayor nivel de pensamiento que de observación puesto que es un modelo más racional que empírico (Meheut, 1998). Los estudiantes no son conscientes de que existen propiedades que se conservan como la forma, el tamaño o el número de partículas (Gómez et al., 1992), igualmente sus modelos mentales respecto a las fuerzas de atracción y repulsión dificultan el aprendizaje de ideas científicas que implican interacción entre las partículas (Kind, 2004). La percepción que construyen los estudiantes sobre un determinado fenómeno se basa no sólo en su experiencia física sino también en su cultura y lenguaje cotidiano. Meheut, 1998 expone que para que los estudiantes elaboren un modelo más eficaz de los fenómenos físicos, es importante desarrollar secuencias de aprendizaje en las que los estudiantes tengan la oportunidad de involucrar aspectos cinéticos, dinámicos y termodinámicos de los modelos de partículas.</p> |                                                   |                                                                                                                     |                                                                                          |

| PREGUNTA                                                                                           | SUB IDEA 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | SUB IDEA 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | SUB IDEA 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | SUB IDEA 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea? | <p>Los estudiantes conciben la materia tal como la perciben, por lo que consideran que la materia es estática y continua, que los gases no tienen peso, que no hay interacción entre las partículas, se les dificulta la noción de espacios vacíos al decir que entre las partículas hay aire o polvo (Gómez et al., 2004; Ordenes, Arellano, Jara, &amp; Merino, 2014; Furió &amp; Furió, 2018). Aunque aceptan la existencia de los gases y del aire particularmente, en aquellas situaciones en las que pueden percibir sus efectos como cuando hay viento, difícilmente lo hacen en situaciones estáticas, a no ser que se perciban algunas de sus propiedades, como el color o el olor puesto que se les dificulta formarse una idea espontánea de lo que es un gas debido a su invisibilidad. El movimiento al azar de las partículas es difícil de percibir por lo tanto se les dificulta emplear</p> | <p>Los estudiantes consideran que, habitualmente, las partículas están en reposo o, en todo caso, dejan de moverse cuando se enfrían (Furió &amp; Furió, 2018). Kind (2004) cita diversos estudios relacionados con las ideas de los niños y jóvenes sobre la naturaleza corpuscular de la materia. Entre las ideas a destacar se puede mencionar la dificultad de los estudiantes al comprender ideas científicas que implican fuerzas de atracción y repulsión donde se involucran las interacciones entre las partículas.</p> | <p>Los estudiantes consideran que si un gas aumenta su volumen es porque también lo hacen las partículas que lo conforman. Conciben el gas como algo con poca materialidad puesto que “no tienen peso”, esta idea surge de la observación habitual de que el aire flota. Igualmente, se les dificulta aceptar la existencia de la presión atmosférica, ya que “no se nota” (Furió &amp; Furió, 2018). Adicionalmente, se sugiere que los estudiantes explican la presión del aire empleando la noción de fuerzas de atracción entre las partículas de un gas. Sin embargo el uso de la idea de fuerzas de atracción no es consistente puesto que en determinada situación la pueden reconocer y aplicar</p> | <p>Los estudiantes presentan dificultades en la comprensión e identificación de relaciones proporcionales, pueden resolver problemas cuantitativos siguiendo fórmulas matemáticas sin que haya una verdadera comprensión del problema (Triana, 2012) adicionalmente se observa con frecuencia que, cuando un estudiante debe analizar relaciones causa-efecto entre diferentes variables, reduce su análisis a cómo influye sólo una de</p> |

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                   |                                        |                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                               | esta idea al tratar de explicar el proceso de difusión. (Kind, 2004)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                   | pero en otras no lo hacen (Kind, 2004) | ellas sobre la función, es decir hace una reducción funcional; además tiene dificultades para realizar análisis holísticos de un problema (Furió & Furió, 2018). |
|                                                               | <b>SUB IDEA 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>SUB IDEA 2</b> | <b>SUB IDEA 3</b>                      | <b>SUB IDEA 4</b>                                                                                                                                                |
| 6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea? | <p>Sin duda la emergencia sanitaria COVID 19, será un factor determinante a tener en cuenta para la enseñanza. Puesto que se plantea como reto la planeación de actividades que deberán ser implementadas en ambientes 100% virtuales contando con las características de los estudiantes y el contexto en el que viven (Pradera). Para este material en particular, el acceso a tecnología digital, la conectividad y los dispositivos tecnológicos necesarios como portátil o celular fueron restrictivos puesto que el contexto especial en el que se tuvo que implementar obligó a la reestructuración de las formas mediante las cuales se va a llevar a cabo.</p> <p>En todo proceso de planeación es muy importante reconocer las características del contexto en el cual se va a desarrollar la propuesta. Para ello se debe considerar las características tanto del maestro, como de los estudiantes, así como reconocer los recursos con los que se cuenta. De esta manera, se puede decir que se requiere de un docente cuyo conocimiento conceptual, pedagógico, metodológico, tecnológico e instruccional del contenido que se adecúe a las características de los sujetos a quienes va dirigida la enseñanza además de las nuevas tendencias educativas en donde el uso de las MRE sea considerado como herramienta pedagógica. Un docente dispuesto a invertir tiempo y esfuerzo en reconocer los modelos mentales de los estudiantes bajo una concepción que considere su utilidad en la construcción del conocimiento viéndolos como oportunidades más que como obstáculos. Un docente dispuesto a gestionar el aula considerándola como un espacio en el que la relación estudiante – estudiante y docente estudiante sea importante. Además, que sea capaz de reflexionar en la acción y que sea conocedor de diferentes estrategias pedagógicas que apoyen a los estudiantes a superar sus dificultades o limitaciones. Así mismo la concepción de ciencia que tenga el docente es un factor determinante a tener en cuenta.</p> <p>Los estudiantes a quienes se dirige este material son aquellos que, aunque no tengan interés o motivación por la asignatura o el contenido, estén comprometidos con su proceso de aprendizaje, lo cual será el anclaje para desarrollar dichas actitudes. El material está pensado para estudiantes entre los 14 a los 18 años con disposición para trabajar en equipo, exponer sus ideas y escuchar a los otros en ambientes de respeto, capaces de debatir sus posiciones con argumentos, dispuestos a invertir tiempo en su aprendizaje. Se tiene en cuenta las diferentes habilidades, potencialidades, estilos de aprendizaje y nivel de desarrollo cognitivo del estudiante puesto que esto determina su capacidad de</p> |                   |                                        |                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                              | <p>abstracción y aplicar un método de enseñanza que pueda potencializar apropiadamente su memoria a corto y largo plazo (Johnstone, 1991). En cuanto al contexto del aula de clase, se requiere del establecimiento de un lenguaje común que posibilite una buena y constante comunicación entre todos sus integrantes (Lemke, 1997).</p> <p>Los recursos que se tengan a disposición tanto por parte de la Institución como aquellos que deban ser aportados por los estudiantes es otro factor que determina la enseñanza puesto que se debe pensar en la consecución de los materiales necesarios para el buen desarrollo de las actividades.</p> <p>Adicionalmente, se tiene en cuenta el contexto educativo y las políticas estatales y objetivos de la educación en ciencias, los estándares y DBA, además de su fundamentación.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 7. ¿Qué tecnologías digitales estándar emplea para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?            | <p>Las tecnologías digitales estándar que se van a emplear para la planeación y gestión del aprendizaje son: Computador, celular o Tablet. Conexión a Internet. Formularios de Google, Plataforma de comunicación virtual ZOOM, Microsoft Word y Excel, One drive. Adobe Crobot Reader, Google Classroom. Memoria USB. zz y software para edición de video VivaVideo, software Filmora Screen para grabación de pantalla. YouTube. La gestión del aula se realiza a través del uso de estas tecnologías teniendo en cuenta los requerimientos y medidas de bioseguridad de la pandemia COVID 19. Puesto que la planeación se debe adecuar a estas circunstancias especiales para permitir la correcta implementación de las actividades aquí planeadas.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utiliza con el fin de representar y formular la idea? | <p>Para el proceso de transacción de significados y formas de significar se realizarán encuentros dialógicos virtuales a través de ZOOM, donde se explicitarán los modelos mentales usados por cada estudiante para exponer su comprensión sobre cada fenómeno estudiado.</p> <p>Para la sub idea 1. Materiales del laboratorio de química de la institución que también podrán ser reemplazados por materiales de fácil consecución para llevar a cabo las distintas experiencias de laboratorio que serán grabadas con el celular y editadas con el editor de video VivaVideo. Para posteriormente ser subidas a un canal de YouTube para que estén disponibles para los estudiantes. Estas experiencias utilizarán los siguientes materiales: Bombas R12, Jeringas de 100 ml, plastilina, perfume, mal olor de broma, beaker de 100 ml, vasos de vidrio, colorante natural, matraz de 150 y del 1000 mL, manguera, trípode, malla de asbesto, alcohol, mechero y cubeta con agua. Cada actividad experimental será organizada en un formulario de Google.</p> <p>Para las subideas 2, 3 y 4. Simuladores Phet que representan el comportamiento de las sustancias gaseosas a nivel submicroscópico bajo diferentes condiciones. Simulación macroscópica de la ley de Boyle de educaplus.org y una simulación de la misma ley pero que muestra tanto el nivel macroscópico como el submicroscópico.</p> <p>Formularios de Google en donde se organizarán las preguntas para reconocimiento de la simulación y la observación de los comportamientos de las partículas bajo diferentes situaciones fenoménicas.</p> <p>Portátil para correr la simulación y un software de grabación de pantalla y edición de video Filmora Screen.</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>Edición del video de Youtube de Arancibia (2013) que trata de la teoría cinético molecular tomando del minuto 2:10 al 2:50 Videos de YouTube elaborados por la docente investigadora para representar las situaciones fenoménicas y el uso de las simulaciones.</p> <p>El lenguaje oral, escrito, las analogías, esquemas, tablas, gráficas, los tres niveles de representación de la química como Múltiples Representaciones Externas.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <p>9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utiliza para representar la idea en consideración, y en qué criterios se apoya esta intención de diseño?</p> | <p>Para la Sub idea 1. La idea en sí no será representada con una herramienta tecnológica, pero, debido a la pandemia COVID 19 las situaciones fenoménicas no serán realizadas in vivo sino que la docente investigadora las llevará a cabo y las grabará en videos que serán subidos a YouTube, para que los estudiantes puedan observarlos. No queriendo decir con esto que no lo pueden replicar en sus casas.</p> <p>Para la subidea 2. Con la simulación Phet denominada difusión, cuyo enlace es (<a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_es.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_es.html</a>); se espera que los estudiantes amplíen sus representaciones mentales sobre las nociones de espacios vacíos, movimiento intrínseco y en línea recta, fuerzas de atracción, choques elásticos, número de partículas y cómo estas nociones pueden explicar características macroscópicas como el volumen, la presión y la temperatura. De esta manera se apoya a los estudiantes en la superación de las dificultades y limitaciones que presentan respecto a estas.</p> <p>Para las sub ideas 2, 3 y 4. Se utiliza la simulación Phet llamada difusión cuyo enlace es (<a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_es.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_es.html</a>). Esta permite que el estudiante interactúe y representa el fenómeno de difusión. Facilitará que el estudiante establezca la relación entre la velocidad de movimiento de las partículas y la masa que estas posean, en un espacio determinado bajo distintas condiciones de temperatura. Así mismo, podrá establecer la relación entre el radio atómico y la masa de las partículas.</p> <p>La simulación Phet denominada Globos y Flotación, cuyo enlace es (<a href="https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/balloons-and-buoyancy">https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/balloons-and-buoyancy</a>), muestra el comportamiento de los gases a través de experiencias con globos de helio, de aire caliente y una esfera rígida para que observen y expliquen submicroscópicamente la comprensión, expansión y dilatación de un gas. Se utilizará esta simulación que permite que el estudiante pueda manipular las variables que afectan el comportamiento de un gas, escogiendo aquella que sea constante y pudiendo modificar las otras dos para poder identificar el tipo de relación que existe entre esas variables.</p> <p>Para la sub idea 4. Se utilizará la simulación de la ley de Boyle para que los estudiantes observen macroscópicamente el fenómeno de compresión y expansión de los gases. Esta simulación se empleará porque genera automáticamente una tabla con los datos de volumen y presión cada vez que se presiona el émbolo. Como un ejemplo de otro tipo de representación semiótica usada por la comunidad de químicos a través de la cual se puede representar una situación fenoménica. Es partir de la observación y el análisis de los datos que los estudiantes podrán establecer el tipo de relación entre estas dos variables. La simulación además genera automáticamente la gráfica acorde al tipo de relación. El enlace para la simulación es <a href="http://www.educaplus.org/gases/lab_boyle.html">http://www.educaplus.org/gases/lab_boyle.html</a></p> <p>Se utilizará la simulación de la ley de Boyle, que muestra a nivel submicroscópico y macroscópico el fenómeno de la compresión y la expansión de los gases. Esta simulación representa además el rol de la presión atmosférica a nivel submicroscópico lo que permite que el</p> |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                           | <p>estudiante se haga conciencia de este concepto y pueda indicar la razón por la cual la jeringa se queda quieta después de presionar o dejar de presionar el émbolo. El enlace era el siguiente, puesto que poco tiempo de la realización del vídeo usado para el presente estudio dejó de funcionar</p> <p><a href="http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.com/animaciones-flash-interactivas/materia%20cambio%20estado%20medicion%20masa%20volumen/volumen%20presion%20Boyle%20Mariotte%20ley%20gases%20ideales%20sistema%20cerrado%20tipo%20t%20est.htm">http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.com/animaciones-flash-interactivas/materia cambio estado medicion masa volumen/volumen presion Boyle Mariotte ley gases ideales sistema cerrado tipo t est.htm</a></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p>10.</p> <p>¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea y las razones particulares de su uso para enseñar esta idea.</p> | <p>Procedimientos metodológicos y pedagógicos: La integración de las TIC. Involucrar las tecnologías de la información y la comunicación facilita los procesos de enseñanza aprendizaje. Lo anterior gracias a que estas tecnologías permiten representar contenidos del currículo para gestionar de forma óptima aquellas actividades con las que se quiere desarrollar dicho contenido. La integración va más allá del uso lateral de una herramienta tecnológica puesto que exige que estas sean un elemento constitutivo de la planeación.</p> <p>Los procedimientos de enseñanza empleados para representar la gran idea a enseñar son:</p> <p>1. Las actividades de aprendizaje siguen una estructura lógica para desarrollar una adaptación de la propuesta didáctica de los 4 momentos para el uso de representaciones semióticas, desarrollada por Garzón &amp; Rojas (2014). Esta metodología plantea que, teniendo en cuenta la dinámica tricerbral, si durante una clase se implementan diferentes representaciones semióticas que estimulen el cerebro triádico se facilitará el aprendizaje. Además, con el propósito de desarrollar y cargar progresivamente la memoria a corto y largo plazo de los estudiantes (siguiendo el modelo de procesamiento de la información de Johnstone (1991)) se resalta la importancia del uso de las múltiples representaciones externas desde la perspectiva de los tres niveles de representación propuestos por Johnstone (1982). Los cuatro momentos se denominan: momento real, momento virtual, momento teórico y momento de aplicación. Sin embargo, el momento teórico será desarrollado integralmente dentro del momento virtual durante los encuentros dialógicos.</p> <p>Durante el momento real se llevan a cabo aquellas actividades o procedimientos en los que el estudiante puede acceder, en forma práctica, a elementos tangibles y manipulables del fenómeno lo que le da la oportunidad de construir o recrear un modelo que exprese las características intrínsecas y extrínsecas del concepto que se va a abstraer posteriormente, por tanto, predominan los procesos cerebrales del campo visual y manual por lo que se activa el cerebro izquierdo y central (Garzón &amp; Rojas, 2014). Este momento se relacionaría con el nivel de representación macroscópica, donde el estudiante tiene la oportunidad de hacer descripciones de lo que observa e intenta hacer predicciones de lo que espera que ocurra, finalmente contrasta su predicción con su observación pudiendo dar una posible explicación a lo ocurrido poniendo en evidencia sus modelos mentales. En nivel simbólico se evidencia en la medida en que los estudiantes lo empleen durante esta parte puesto que al solicitarles la elaboración de esquemas explicativos de cada fenómeno estudiado se identificará el uso que hagan del nivel macroscópico para responder a esta tarea.</p> |

En el momento virtual las representaciones mentales de la realidad son mediadas por tecnologías digitales, que facilitan la visualización de las características del fenómeno lo que permite que el estudiante se acerque hacia la comprensión, generalización y la abstracción de la realidad. Es aquí donde el estudiante emplea su creatividad y su capacidad crítica para recrear situaciones y características submicroscópicas del fenómeno mediante simulaciones virtuales activando el uso de la memoria (cerebro central) y los procesos de fijación, retención, reproducción e imaginación. Además, podrá escoger la mejor forma de representar externamente los procesos que subyacen al fenómeno con el fin de comprenderlo y comunicar en forma escrita u oral esta comprensión. Durante este momento se involucran procesos de codificación y decodificación, establecimiento de relaciones, identificación de patrones y tendencias entre y dentro de las variables o los elementos del fenómeno o proceso. El nivel simbólico se hará evidente durante este momento en la medida en que los estudiantes identifican los símbolos que representan las variables involucradas o las distintas formas en las que la simulación las representa, además del momento en que el estudiante simula el fenómeno.

El momento teórico que se va a desarrollar en la propuesta tiene una modificación respecto al planteado por los autores Garzón y Rojas (2014) en la medida en que se intentará evitar en lo posible el referente memorístico. La presentación de conceptos se hará de manera Por tanto, el proceso de apropiación de los conocimientos, en forma coherente y su fijación en el pensamiento se hará en la medida en la que el estudiante se haga consciente de sus formas de representar o modelos mentales y los contraste con las del conocimiento científico siendo capaz de emplear una u otra según la demanda de la tarea (insertar cita sobre cambio conceptual o representacional más bien), esto se realiza durante los momentos real y virtual.

El último momento, el momento aplicativo, se relaciona con el uso que le dé el estudiante a lo aprehendido con el fin de dar solución a situaciones problema que lo involucren o se relacionen con esto. Lo anterior le va a permitir al estudiante reconocer la aplicación que tienen los conocimientos adquiridos en su vida cotidiana. Los procesos relativos a este momento se unen estrechamente a la reestructuración del conocimiento y la comprensión. Todo ello, con el fin de que el estudiante pueda diferenciar e integrar progresivamente los conocimientos generados en cada uno de los momentos donde se emplearon los niveles de representación de Johnstone (1982), y de este modo comprender adecuadamente cada una de las sub-ideas sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso.

Brindar tiempo suficiente para que los estudiantes piensen y elaboren sus respuestas a las preguntas hechas, empleo de la secuencia fenómeno-idea-terminología y emplear definiciones operacionales antes que definiciones de corte teórico. Para involucrar el aspecto social y contraintuitivo de la ciencia se fomenta la discusión en pequeños grupos, se promueve la comunicación oral y escrita, se emplea el diálogo socrático, se buscan consensos en la clase con base en las evidencias disponibles, se emplean algunas situaciones discrepantes que ponen de manifiesto la contradicción entre las ideas previas de los estudiantes y los resultados de las experiencias (Candela, 2018; (Gellón et al., 2018)

Estrategias pedagógicas y de gestión del aula. El conocimiento del contenido es importante al momento de ampliar la comprensión de los estudiantes. promover la generación de preguntas y relaciones con experiencias de su vida cotidiana. Se tiene en cuenta la importancia de involucrar el aspecto empírico y metodológico de las ciencias, para esto se emplean prácticas pedagógicas como incentivar en los estudiantes el hábito de formular predicciones, la capacidad de observar fenómenos y formar sus propias ideas al respecto, elaborar descripción de lo que miran, desarrollar ideas a partir de experiencias de laboratorio, indagar la evidencia empírica cuando se trabajan fenómenos no observables en el aula, se aplica la técnica POE (predecir, observar y explicar).

Es importante involucrar prácticas pedagógicas que tengan en cuenta la naturaleza abstracta de la ciencia, por esta razón se ejercita la formulación de modelos mentales, se realizan predicciones con base a los modelos desarrollados, se hace énfasis en la conexión entre el aspecto creativo y la base empírica de la ciencia, se hacen distinciones entre la observación y la interpretación, se emplean múltiples representaciones externas principalmente aquellas relacionadas con los niveles de representación.

La vinculación y uso del nivel simbólico permite que en el aula de clase se establezcan consensos en las formas de elaborar significados y formas de significar donde se establezca un lenguaje común que facilite la comprensión de las convenciones involucradas en el tópico de los gases.

Es importante que, para evitar que un estudiante emplee sin sentido una serie de ecuaciones matemáticas primero se desarrolle la comprensión cualitativa del fenómeno (Huann-Shyang, Hsiu-ju, & Lawrenz, 2000; (Gellón et al., 2018). Así mismo, el empleo de modelos que involucren aspectos cinéticos y dinámicos hacen posible que el estudiante explique y prediga fenómenos que se relacionen con el comportamiento de los gases y se les facilita la interpretación las relaciones entre volumen, temperatura y presión de un gas (Meheut, 1998).

|                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11.<br>¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales, empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas? | <p>Momento real: fase experimental.</p> <p>La difusión de los gases representada con la situación fenoménica denominada: La carrera del olor<br/>(<a href="https://forms.gle/TKBj6o6Ertby1mUs9">https://forms.gle/TKBj6o6Ertby1mUs9</a>)</p> <p>La compresión de los gases representado con la experiencia llamada: ¿Por qué tan apretados?<br/>(<a href="https://forms.gle/qRhFV6BiivWCtpV79">https://forms.gle/qRhFV6BiivWCtpV79</a>)</p> <p>Se representa el volumen que ocupan los gases y cómo estos ejercen presión cuando se aumenta la temperatura en la experiencia: Juntos pero...¿y revueltos?<br/>(<a href="https://forms.gle/bofpVxEn7RHrgWts6">https://forms.gle/bofpVxEn7RHrgWts6</a>)</p> <p>La expansión y la presión además del papel de la presión atmosférica se representará con la situación fenoménica llamada el genio en la botella.<br/>(<a href="https://forms.gle/SsvfUPJW5kGKtAAN8">https://forms.gle/SsvfUPJW5kGKtAAN8</a>)</p> | <p>Momento virtual</p> <p>Los postulados de la teoría cinético molecular junto con las características del nivel submicroscópico que permiten explicar el fenómeno de la difusión de los gases se representara con la simulación Phet llamada difusión de los gases. Los videos y preguntas con las que desarrollará esta idea se plasman en el formulario denominado: simulando ando.<br/>(<a href="https://forms.gle/t966EDQMiHHVuHNNA">https://forms.gle/t966EDQMiHHVuHNNA</a>).</p> <p>La representación submicroscópica del fenómeno de compresión y expansión de los gases se muestra a través de los videos de las simulaciones y las preguntas de POE relacionadas en el formulario denominado Con esta simulación ¿para qué imaginación?<br/>(<a href="https://forms.gle/KgFBQNWQLViTcGed8">https://forms.gle/KgFBQNWQLViTcGed8</a>)</p> <p>Los estudiantes interactúan con la simulación para representar el aire como una mezcla de gases y el fenómeno de difusión en una sesión interactiva con el simulador Phet: difusión de los gases.<br/><a href="https://phet.colorado.edu/es/simulation/diffusion">https://phet.colorado.edu/es/simulation/diffusion</a></p> <p>Los estudiantes tienen la posibilidad de representar la compresión, expansión, dilatación además de otros fenómenos cotidianos relacionados con los gases como el funcionamiento de un globo aerostático, el papel de la gravedad en la conservación de la atmosfera terrestre, el vacío, el aire caliente y el aire frío, el papel de la temperatura en los cambios de estado, en la simulación Phet denominada: Globos y flotación<br/><a href="https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/balloons-and-buoyancy">https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/balloons-and-buoyancy</a></p> | <p>Momento de aplicación.</p> <p>Las preguntas que emplean diferentes esquemas submicroscópicos y macroscópicos a través de las cuales se pretende identificar el modelo mental utilizado por los estudiantes al término de la intervención fueron dispuestos en dos formularios de Google: el primero qué tanto aprendí que emplea preguntas de opción múltiple con única respuesta y la interpretación de un texto usando preguntas del mismo tipo. Este se denomina ¿qué tanto aprendí?</p> <p>En el segundo taller de aplicación</p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                         |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>La dilatación de los gases se representará a través de la situación fenoménica dispuesta en el formulario denominado ¿y cómo se infló la bombita?</p> <p>(<a href="https://forms.gle/979SsaPDtNXb3SiH8">https://forms.gle/979SsaPDtNXb3SiH8</a>)</p> |  | <p>denominado Genios interpretando, se emplean esquemas que representan las leyes de los gases y un esquema o diagrama de fases para que los estudiantes apliquen sus habilidades de interpretación de gráficas.</p> <p>Adicionalmente, se disponen preguntas relacionadas con fenómenos cotidianos como el punto de ebullición del agua, el globo aerostático entre otros en donde se mide la capacidad del estudiante de extrapolar el conocimiento y hacer inferencias empleando el conocimiento estructurado durante la intervención.</p> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?</p> | <p>La evaluación es continua, formativa y de intención formadora, es decir se espera que no sólo el docente sea quien regule el proceso de aprendizaje, sino que eventualmente los estudiantes sean capaces de autorregularse. La intención es que durante cada una de las experiencias los estudiantes tuvieran la oportunidad de expresar sus ideas respecto a las distintas situaciones partiendo de su conocimiento cotidiano, académico y aquel que se iba reestructurando a medida que se avanzaba en las actividades, es decir al inicio de cada experiencia se reconocían los modelos mentales de los estudiantes para identificar el nivel de profundidad y desarrollo de los conocimientos que serán los pilares de nuevos aprendizajes a partir de los cuales se reestructura dicho conocimiento.</p> <p>Inicialmente se exploran las ideas previas a través de preguntas de predicción, observación y explicación (técnica POE) además se valoran las representaciones macroscópicas y submicroscópicas realizadas por los estudiantes para explicar la situación planteada. Luego se realiza una sesión de socialización en donde se debaten las distintas interpretaciones para que los estudiantes encuentren fallos y contradicciones lo que les permite construir explicaciones completas e integradoras a partir de la interacción con sus pares y con el profesor. Posteriormente, se incorpora el uso de simulaciones, donde también se emplea la técnica POE, para apoyar a los estudiantes en el proceso de reestructuración de sus ideas y que se acompañan de sesiones de socialización con los fines antes expuestos. Luego se retoma otra exploración de ideas previas en una situación diferente pero relacionada con la temática que permite evidenciar si el uso de la socialización y la simulación aportó a la comprensión relacional en un ajuste continuo y oportuno del proceso de enseñanza – aprendizaje.</p> <p>Durante el desarrollo de cada una de las sub-ideas se plantean preguntas que son respondidas a partir de las ideas previas de los estudiantes y todo lo observado, discutido y socializado durante las sesiones virtuales. Estas preguntas se responden de manera escrita en un formulario de Google y oralmente durante la socialización, así como también usando las simulaciones y representaciones hechas por los mismos estudiantes, con el fin de valorar la capacidad del estudiante de emplear las múltiples representaciones externas para evidenciar su nivel de comprensión.</p> <p>Por su parte, las actividades se organizaron en tres etapas dos de las cuales emplean la técnica POE: predicción, Observación y explicación. La primera etapa se realizó desde un nivel macroscópico en el que se realiza una experiencia de laboratorio a partir de la cual los estudiantes deben hacer una predicción, una descripción y una explicación del fenómeno presentado, además deben emplear el nivel simbólico para construir una representación que explique la situación planteada. En segundo lugar, se pasa al nivel submicroscópico, donde se utiliza una simulación que viene acompañada de preguntas de predicción, observación y explicación que tienen relación directa con la primera etapa en la búsqueda de apoyar a los estudiantes a superar las limitaciones y dificultades identificadas en esta. Por último, se realiza una simulación de interacción guiada en la que se le pide al estudiante representar las diversas experiencias realizadas y se desarrollan dos talleres de aplicación en los que se valora la comprensión macroscópica, submicroscópica y simbólica de cada uno de los elementos que conforma el fenómeno pudiendo identificar si el uso del pensamiento multinivel y la semiótica social aportaron a la evolución de estas representaciones en los estudiantes.</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p><b>SUB IDEA 1.</b></p> <p>Esta idea se valora dentro de las actividades macroscópicas en las que se realizan las experiencias de laboratorio que se desarrollan usando los formularios de Google que incorporan vídeos de las situaciones planteadas. La evaluación se realizó cuando se le pedía al estudiante que escribiera la característica de los gases que la situación planteada pretendía evidenciar. Así mismo, durante las sesiones de socialización se valora el desempeño de los estudiantes a la hora de identificar la característica analizada en cada experiencia de laboratorio. Y a través del análisis de las representaciones elaboradas por los estudiantes cuando se les pedía explicar la situación planteada.</p> | <p><b>SUB IDEA 2.</b></p> <p>Para la valoración de esta sub idea se empleó la etapa de simulación. Principalmente, a través de las preguntas de explicación aplicadas en los formularios de simulación, en los que evalúa la capacidad del estudiante para predecir el comportamiento de las partículas a nivel submicroscópico y su forma de relacionarlo con la evidencia macroscópica valorando su habilidad para dar explicaciones empleando el nivel submicroscópico. Esta habilidad también valorada a través de las representaciones elaboradas por los estudiantes para explicar cada una de las experiencias macroscópicas.</p> | <p><b>SUB IDEA 3.</b></p> <p>Esta sub idea se valora a través de las actividades experimentales, es decir macroscópicas en las que se aplica la técnica POE principalmente en la parte de la observación, en la que el estudiante demuestra su capacidad para describir la situación a través del nivel macroscópico, pudiendo identificar las variables y relacionando cada una de ellas con su respectiva manifestación submicroscópica.</p> | <p><b>SUB IDEA 4.</b></p> <p>Esta subidea se trabajó de manera precuantitativa es decir no se profundizó en la aplicación de fórmulas sino más en el establecimiento de relaciones de proporción cualitativas. Se valoraba la capacidad del estudiante para identificar y diferenciar la variable dependiente de la independiente y la apropiada expresión de la relación.</p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Capítulo 8 Referencias Bibliográficas

- Acevedo, D. J. A., Vázquez, A. Ä., & Manassero, M. M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 2(2), 80–111.
- Álvarez, T. O. D., Álvarez, T. C., & Chica, L. M. F. (2017). Las representaciones múltiples como fundamento para la innovación en la evaluación del aprendizaje en ámbitos escolares juveniles. *Metamorfosis. Revista Del Centro Reina Sofía Sobre Adolescencia y Juventud*, 6, 110–129.
- Álvarez, T. O. D., & Muñoz, O. J. E. (2015). Desarrollo de los saberes específicos por medio del uso de las representaciones múltiples. In W. Rojas-Cordero, G. Ramírez, L. Saavedra Rey, & E. Al (Eds.), *Perspectivas de investigación: una mirada desde la antropología* (Colección, Issue 10, pp. 121–139). Editorial Bonaventuriana.
- Arancibia, C. (2013). *Ciencias Química: El aire Teoría cinético-molecular* (p. min 2:10-2:50). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=G300mQ59FE4>
- Arbeláez, G. M. C. (2002). “Las representaciones mentales.” *Ciencias Humanas*, 29, 1–7.
- Bonilla, G., & Romero-Acosta, J. L. (2018). Incidencia de una secuencia didáctica, basada en representaciones múltiples, para el fortalecimiento de la competencia argumentativa en estudiantes de básica secundaria. *Revista de La Facultad de Ciencias*, 7(1), 56–70. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68306>
- Bucat, B., & Mocerino, M. (2009). Learning at the Sub-micro Level: Structural Representations. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (pp. 11–29). Springer Science & Business Media.
- Callone, M. C. (2015). *Las representaciones semióticas utilizadas en la enseñanza de la química: características e impacto en la correcta conceptualización por parte de los alumnos. Un estudio mixto (cualitativo-cuantitativo) en las clases de Química del Ciclo*

*Básico Común de I.* Universidad Nacional de Buenos Aires.

- Candela, B. F. (2018). El lenguaje de la química y los tres niveles de representación. In *El lenguaje y las múltiples representaciones externas como estrategias de pensamiento en el aprendizaje de las ciencias*. (1era ed., pp. 115–130). Programa Editorial Universidad del Valle.
- Candela, R. B. F. (2017). Adaptación del instrumento pedagógico de la representación del contenido (ReCo) al marco teórico del CTPC. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 12(2), 158172.  
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2015.v10n2.a5>
- Candela, R. B. F. (2018). *El lenguaje y las múltiples representaciones externas como estrategias de pensamiento en el aprendizaje de las ciencias*. Programa Editorial Universidad del Valle.
- Candela, R. B. F., & Viáfara, O. R. (2014). *Aprendiendo a enseñar química: La CoRe y los PaP-eRs como instrumentos para identificar y desarrollar el CPC* (digital). Programa Editorial Universidad del Valle. <https://doi.org/10.25100/peu.37.1>
- Castellaro, M. (2011). El Concepto De Representación Mental Como Fundamento Epistemológico De La Psicología. *Límite. Revista de Filosofía y Psicología*, 6(24), 55–67. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83622474005>
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., Murillo, C., & Bochmann, M. (1986). *Química general superior*. Interamericana.
- Díaz, L. B., Gimeno, M. S., & Nappa, N. (2011). Representaciones mentales originadas a partir de ilustraciones de sistemas tecnológicos. *Avances En Ciencia e Ingeniería (ACI)*, 2(2), 107–116.
- Dickerson, R., Gray, H., Darensbourg, M., & Darensbourg, D. J. (1992). *Principios de Química* (3era edici). Editorial Reverté.

- Díez de Trancredi, D., & Caballero, M. C. (2004). Representaciones externas de los conceptos biológicos de gen y cromosoma. Su aprendizaje significativo. *Revista de Investigación*, 56, 91–122.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Universidad del Valle.
- Duval, R. (2012). Lo esencial de los procesos cognitivos de comprensión en matemáticas: los registros de representación semiótica. *Didáctica de Las Matemáticas: Avances y Desafíos Actuales Resúmenes 2012 VI Coloquio Internacional Enseñanza de Las Matemáticas*, 147.
- Educaplus. (2020). *Laboratorio Ley de Boyle*.  
[http://www.educaplus.org/gases/lab\\_boyle.html](http://www.educaplus.org/gases/lab_boyle.html)
- Furió, M. C. J., & Furió, G. C. (2018). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300–308.  
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.3.66442>
- Furió, M. C. J., & Hernández, P. J. (1983). Ideas sobre los gases en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 1(2), 83–91.
- Gabel, D. L. (1993). Use of the Particle Nature of Matter in Developing Conceptual Understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193–194.  
<https://pubs.acs.org/sharingguidelines>
- Galagovsky, L., & Adúriz-bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de Las Ciencias*, 19(2), 231–242.
- Galagovsky, L. R., Rodríguez, M., Stamati, N., & Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de Ciencias Naturales: un ejemplo para el

- aprendizaje del concepto de reacción química a. *Enseñanza de Las ...*, 21(1), 107–121.  
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=305450&orden=46962&info=link>
- Gallardo, G. L. M., & Torres, P. G. V. (2017). *Diseño de un material de enseñanza sobre el comportamiento de las sustancias en estado gaseoso* [Universidad Del Valle].  
<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/11829/1/CB-0525623.pdf>
- García, J. J. (2005). *La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de ciencias experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula* [Universidad de Granada]. <https://hera.ugr.es/tesisugr/15518620.pdf>
- García, J. J., & Perales, P. F. J. (2006). ¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? Title: ¿How use the chemistry teachers semiotics representations in the classroom? *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 5(2), 247–259.  
[http://200.24.17.68:8080/jspui/bitstream/123456789/2690/1/GarciaGarcia\\_2006\\_profesoresquimicarepresentaciones.pdf](http://200.24.17.68:8080/jspui/bitstream/123456789/2690/1/GarciaGarcia_2006_profesoresquimicarepresentaciones.pdf)
- García, J. J., & Perales, P. F. J. (2007). ¿Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias? *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 25(1), 107–132.
- Garzón, C. C. A., & Rojas, A. N. V. (2014). *Representaciones semióticas como dispositivos para facilitar el desarrollo del pensamiento matemático y científico*. [Universidad Militar Nueva Granada].  
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12212/001.pdf?seque>
- Gellón, G., Rosenvasser, F. E., Furman, M., & Golombek, D. (2018). *La ciencia en el aula* (Primera Ed). S.A, Siglo XXI editores Argentina.
- Giordan, A. (1989). Representaciones sobre la utilización didáctica de las representaciones. *Enseñanza de Las Ciencias*, 7(1), 53–62.

- Giraldo, S. Y. L. (2014). *La actividad experimental en la clase de física y la construcción social de conocimiento*. Universidad de Antioquia.
- Godino, J. D., Beltrán-Pellicer, P., Burgos, M., & Giacomone, B. (2017). Significados pragmáticos y configuraciones ontosemióticas en el estudio de la proporcionalidad. In J. M. Contreras, P. Arteaga, G. R. Cañadas, M. M. Gea, B. Giacomone, & M. M. López-Martín (Eds.), *Actas del Segundo Congreso Internacional Virtual sobre el Enfoque Ontosemiótico del conocimiento y la Instrucción Matemáticos*. (p. 13).  
<https://www.researchgate.net/publication/314761077>
- Gómez, C. M. Á., & Gutiérrez, J. M. S. (2007). La reorganización de las representaciones sobre la materia: ¿cambio continuo o discontinuo? In Juan Ignacio Pozo & C. F. Flores (Eds.), *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*. (pp. 195–216). Machado Libros.
- Gómez, C. M. Á., Pozo, J. I., & Gutiérrez, J. M. S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, 15(3), 198–209.  
[https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/665402/enseñando\\_gomez\\_eq\\_2004.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/665402/enseñando_gomez_eq_2004.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gómez, C. M. Á., Pozo, J. I., Sanz, A., & Limón, M. (1992). La estructura de los conocimientos previos en química: una propuesta de núcleos conceptuales. *Investigación En La Escuela*, 18, 23–40. [https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/59507/La estructura de los conocimientos previos en Química.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/59507/La%20estructura%20de%20los%20conocimientos%20previos%20en%20Química.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Huann-Shyang, L., Hsiu-ju, C., & Lawrenz, F. (2000). The Assessment of Students and Teachers' Understanding of Gas Laws. *Journal of Chemical Education*, 77(2), 235–238.  
<https://doi.org/10.1021/ed077p235>
- Ibáñez, F., & Gianna, V. (2012). La teoría cinética molecular y el aprendizaje de la Química

- AbstrAct (corpuscular kinetic model in the learning of chemistry). *Educación Química*, 23(2), 208–211.
- Inzunsa, S. (2015). Niveles de representación que muestran estudiantes sobre gráficas para comunicar información de contextos económicos y socio demográficos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 20(65), 529–555.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-66662015000200010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662015000200010)
- Johnson–Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. (sixth prin). Cambridge University press.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and microchemsitry. [Notes and correspondence]. *School Science Review*, 64(227), 377–379.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75–83.
- Kane, J. ., & Sternheim, M. M. (2000). *Física* (2da Edició). Editorial Reverté.
- Kind, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. (Primera). Editorial Santillana.
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J., & Marx, N. (2000). The Roles of Representations and Tools in the Chemistry Laboratory and Their Implications for Chemistry Learning Center for Technology in Learning SRI International. *The Journal of the Learning Sciencies*, 9(2), 105–143. [https://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/staf26/staf26iris/kozma\\_jls.pdf](https://tecfa.unige.ch/tecfa/teaching/staf26/staf26iris/kozma_jls.pdf)
- Kozma, R., & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199711\)34:9<949::AID-TEA7>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199711)34:9<949::AID-TEA7>3.0.CO;2-U)
- Kozma, R., Russell, J., & Gilbert, J. K. (2005). Students Becoming Chemists: Developing

- Representational Competence. In J. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121–146). Dordrecht: Springer.
- <https://chemsense.sri.com/about/papers/KozmaRussellStudents2004.pdf>
- Lemke, J. L. (1987a). Social semiotics and science education. *The American Journal of Semiotics*, 5(2), 217–232.
- Lemke, J. L. (1987b). Social Semiotics and Science Education. *The American Journal of Semiotics*, 5(2), 217–232. <https://doi.org/10.5840/ajs19875217>
- Lemke, J. L. (2006). Investigar para el futuro de la educacipon científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Ensenanza de Las Ciencias*, 24(1), 5–12.
- Lloréns, M. J. A. (1991). *Comenzando a aprender química: Ideas para el diseño curricular* (1era edici). Visor distribuciones.
- Lombardi, G. (2009). *Las representaciones pictóricas como problema de aprendizaje . el caso de equilibrio químico*.
- Lombardi, G., & Concesa-Caballero, S. (2012). El discurso multimodal de la química y el aprendizaje significativo de proposiciones. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 17(3), 721–734.
- Lopera, G. A., Cardona, L. C. J., & García, N. S. (2017). *La actividad experimental como posibilitadora de los procesos de formalización en física. El caso del concepto de presión en un fluido cerrado*. Universidad de Antioquia.
- López, R. A., Saldarriaga, J., & Tamayo, O. E. (2007). Análisis de representaciones gráficas en libros de texto de química. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* , 3(2), 61–86. <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134112600005.pdf>
- Manghi, D. (2012). La perspectiva multimodal sobre la comunicación. Desafiso y aportes para la enseñanza en el aula. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 22, 2–6.
- Martí, E., & Pozo, J. I. (2000). Más allá de las representaciones mentales: la adquisición de

- los sistemas externos de representación. *Infancia y Aprendizaje Journal for the Study of Education and Development*, 23(90), 11–30.
- <https://doi.org/10.1174/021037000760087946>
- Martínez, P. Y. R. (2016). *Estrategia didáctica para la enseñanza de la teoría cinética molecular de los gases bajo el modelo del aprendizaje activo*.
- Materán, A. (2008). Las representaciones sociales: un referente teórico para la investigación educativa. *Geoenseñanza*, 13(2), 243–248.
- Méheut, M. (1998). Diseño de secuencias de aprendizaje sobre modelos de partículas pre-cuantitativos. In *Conectando la investigación en educación física con la formación de profesores*. Comisión Internacional de Educación Física.
- <https://pluslucis.univie.ac.at/Archiv/ICPE/E3.html>
- Melo-Brito, N. B. (2017). Los puentes en la enseñanza de las ciencias: un compromiso para comprender las investigaciones sobre las relaciones entre conocimientos científicos escolares y conocimientos ecológicos tradicionales. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 42, 43–61. <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n42/0121-3814-ted-42-00043.pdf>
- Millan Castaño, P. A. (2016). *El uso de las múltiples representaciones en el aprendizaje profundo de la química*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Moreira, M. A., Greca, I. M., & Palmero, M. L. R. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 2(3), 84–96.
- <https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2337>
- Nakamatsu, J. (2012). Vista de Reflexiones sobre la enseñanza de la química. *Blanco y Negro*, 3(2), 38–46.
- <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/enblancoynegro/article/view/3862/pdf>
- Nappa, N., Insausti, M. J., & Sigüenza, A. F. (2005). Obstáculos para generar

- representaciones mentales adecuadas sobre la disolución. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias.*, 2(3), 344–363.
- [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2005.v2.i3.04](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i3.04)
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R., & Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46–55.
- Ospina, D. (2012). *Las representaciones semióticas en el aprendizaje del concepto función lineal*. Abril, 165.
- Otero, M. R. (2004). El uso de imágenes en la Educación en Ciencias como Campo de Investigación. *Revista de Enseñanza de La Física.*, 17(1), 9–22.
- [https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Otero2/publication/236680130\\_El\\_uso\\_de\\_imagenes\\_en\\_la\\_Educacion\\_en\\_Ciencias\\_como\\_Campo\\_de\\_Investigacion/links/00463518ede993f106000000/El-uso-de-imagenes-en-la-Educacion-en-Ciencias-como-Campo-de-Investigacion.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Otero2/publication/236680130_El_uso_de_imagenes_en_la_Educacion_en_Ciencias_como_Campo_de_Investigacion/links/00463518ede993f106000000/El-uso-de-imagenes-en-la-Educacion-en-Ciencias-como-Campo-de-Investigacion.pdf)
- Parga, L. D. L., Ibarra, M. J. O., & Mora, P. W. M. (2000). Discontinuidad de la materia. In *Olimpiadas Química 10 (Libro de actividades)* (Primera Ed, pp. 25–36). Editorial Voluntad.
- Perez, E. M. del P., Pecharromán, A. M., & Postigo, Y. (2007). Los sistemas de representación externa en el aprendizaje: la habilidad de traducir información a distintos formatos. In Juan Ignacio Pozo & F. Flores (Eds.), *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*. (pp. 107–122). Machado Libros.
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (Eds.). (1992). *Manual del ingeniero químico* (3era edici). McGRAW-HILL.
- Pesa, M. A., Ruiz, D. C., & Del Valle, B. S. (2002). El estudio de las representaciones- perspectivas para la investigación básica en educación en ciencias. *Revista Brasileira de*

- Investigação Em Educação Em Ciências*, 2(3), 84–96.
- Petrucci, R. ., & Harwood, W. S. (1999). *Química general*. Prentice-Hall.
- Porlán, R. (1999). Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias por investigación. In M. Kaufman & L. Fumagalli (Eds.), *Enseñar ciencias naturales. Reflexiones y propuestas didácticas* (1era ed., pp. 23–64). Paidós.
- Pozo, Juan Ignacio. (1999). Más Allá Del Cambio Conceptual : El Aprendizaje De La Ciencia Como Cambio Representacional. *Enseñanza de Las Ciencias*, 17, 513–520.
- Pozo, Juan Ignacio. (2002). La adquisición de conocimiento científico como un proceso de cambio representacional. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 7(3), 245–270.
- Pozo, Juan Ignacio, & Flores, F. (2007). *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*. Machado Libros.
- Pozo, Juan Ignacio, Gómez, C. M. Á., Limon, M., & Sanz, S. A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia: C.I.D.E.
- Pozo, Juan Ignacio, & Rodrigo, M. J. (2001). Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y Aprendizaje*, 24(4), 407–423.  
<https://doi.org/10.1174/021037001317117367>
- Rache, J. M., Álvarez, P. M. A., & Sanabria, Q. A. (2009). Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la Ley de Boyle desde la perspectiva molar y molecular propuesta por Jensen utilizando la resolución de problemas. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis, Extraordinario*, 1107–1110. <https://doi.org/10.17227/01203916.202>
- Restrepo, C., Guzmán, J., & Romero, Á. (2013). La experimentación cualitativa y exploratoria como escenario de procesos argumentativos en la enseñanza de las ciencias. In C. A. E. Romero, S. B. L. Henao, & M. J. F. Barros (Eds.), *La argumentación en la clase de ciencias. Aportes a una educación en ciencias en y para la civilidad*

- fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias* (1a Edición, pp. 131–163). Universidad de Antioquia.
- San Martín, C. D. (2014). Teoría fundamentada y Atlas.ti: Recursos metodológicos para la investigación educativa. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*, 16(1), 104–122.
- Sears, F. W., & Salinger, S. L. (1980). *Termodinámica, teoría cinética y termodinámica estadística*. (2da edició). Editorial Reverté S.A.
- Skemp, R. R. (1976). Relational Understanding and Instrumental Understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20–26.
- Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoria fundamentada*. (Primera ed). Editorial Universidad de Antioquia.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry:triplet. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195.  
<https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Tamayo, A. O. E. (2006). Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. *Revista de Educacion y Pedagogía, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, XVIII*(45), 37–49.  
<http://funes.uniandes.edu.co/10963/1/Tamayo2006Representaciones.pdf>
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353–1368. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070306>
- Triana, M. M. (2012). *Propuesta experimental aplicada al aula para la enseñanza del tema de gases* [Universidad Nacional de Colombia].  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/8872/1/mauriciotrianamora.2012.pdf>

- Van Leeuwen, T. (2005). *Introducing social semiotics*. Routledge.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)
- Wisniak, J. (2004). John Herapath-The begining of the kinetic theory of gases. *Indian Journal of Chemical Technology*, 11, 275–285.
- Wu, H. K. (2003). Linking the Microscopic View of Chemistry to Real-Life Experiences: Intertextuality in a High-School Science Classroom. *Science Education*, 87(6), 868–891. <https://doi.org/10.1002/sce.10090>