

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Enseñanza de la discontinuidad de la materia a través de la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas

Luis Eduardo Restrepo Millán

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Posgrados de Ingeniería y Administración
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Palmira
2020

Enseñanza de la discontinuidad de la materia a través de la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas

Luis Eduardo Restrepo Millán

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en enseñanza de las ciencias exactas y naturales

Directores:

Boris Fernando Candela, Mg.

Carlos Adolfo Cisneros, Dr.

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Posgrados de Ingeniería Y Administración
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Palmira
2020



(Dedicatoria o lema)

Quiero dedicar este logro:

A mi madre, Mercedes, porque a lo largo de la vida siempre ha creído en mis capacidades, a mi padre, Fabio, quien hace dos años nos dejó, pero sigue presente en cada uno de nosotros.

A mi esposa Maritza, a quien amo, por ser mi apoyo permanente e incondicional durante los últimos 13 años.

A mi hija Laura Fernanda, mi gran orgullo, que es la motivación para luchar a diario en la búsqueda por alcanzar las metas que me he propuesto.

(Espacio para el Acta de Grado)

Agradecimientos

- Quiero agradecer a mis compañeros y profesores de la maestría, puesto que cada uno de ellos aportó a la realización de este trabajo.
- Al profesor Carlos Adolfo Cisneros, porque fortaleció de manera invaluable mi visión disciplinar, indispensable en la realización de esta tesis.
- A Boris Fernando Candela, al que considero un verdadero maestro ejemplar, sin su apoyo y orientación permanente no hubiese alcanzado este importante logro; cada una de sus sugerencias y observaciones fueron fundamentales en la construcción y realización de esta investigación. Fue para mí un orgullo poder trabajar bajo la batuta de este maestro, pues su conocimiento y don de gente lo convierten en un referente a seguir.

Resumen

Este trabajo se apoyó en distintas investigaciones educativas que ponen de manifiesto que la enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia resulta un reto bastante grande, debido al nivel de abstracción de dicho contenido y a la poca eficacia que ha logrado tener la orientación de enseñanza transmisionista. Esta coyuntura, hace indispensable buscar nuevas propuestas educativas que permitan mejorar la enseñanza de dicho tópico. Por tanto, se presenta una propuesta fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), cuya selección se apoyó en los hallazgos de muchas investigaciones educativas, las cuales concluyen que el contexto es determinante en el proceso de enseñanza-aprendizaje, pues abordar situaciones de la vida real facilita la construcción del conocimiento, acorde a los supuestos de la teoría de la cognición situada. Así, se muestran los resultados de la implementación de una propuesta de enseñanza basada en problemas, cuyo objetivo general buscaba que los estudiantes del grado 7° de una institución educativa del Valle del Cauca, mejoraran la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia. Por esta razón, se plantearon tres objetivos específicos, que pretendían, en su orden: diseñar una prueba escrita contextualizada, construir una secuencia de actividades que representara la discontinuidad de la materia usando situaciones basadas en problemas y documentar las acciones y razonamientos de profesor y alumnos durante la intervención educativa. De igual forma, debido a la naturaleza de la investigación se decidió utilizar una metodología de carácter mixta con estudio de casos, la cual permitió una mayor recolección de datos y la posibilidad de interpretarlos mejor que al usar un solo tipo de orientación metodológica. Así pues, el diseño metodológico se realizó en tres fases a saber, la primera, orientada al diseño y aplicación de un instrumento valorativo que sirvió como pretest y postest, la segunda, con la finalidad de diseñar e implementar una secuencia de actividades que representaban el fenómeno de la discontinuidad de la materia y la tercera que pretendía el análisis de los datos obtenidos durante el desarrollo de la investigación con el fin de documentar y analizar las acciones y razonamientos de los sujetos inmersos en el caso estudiado. Dicha información se analizó

usando el modelo de ganancia de aprendizaje y la teoría fundamentada ayudando a cimentar las bases de tres generalizaciones naturalísticas que permitieron dar una posible solución al problema planteado. Tales teorías, apuntaron a que la estrategia del ABP enriqueció el quehacer pedagógico del maestro respecto a la enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia facilitando el uso reflexivo de distintas estrategias de enseñanza, fomentó un aprendizaje más autónomo en los estudiantes favoreciendo la adquisición de modelos representativos más complejos ayudando así a hacer un seguimiento continuo al proceso de aprendizaje, permitiéndole al docente identificar cómo se modificaban las ideas y los modelos alternativos de los educandos respecto a la naturaleza discontinua de la materia.

Palabras clave: ABP, discontinuidad de la materia, cognición situada, metodología mixta, estudio de casos, ideas alternativas, modelos alternativos.

Abstract

This project was supported by different educational investigations that show that teaching the phenomenon of the discontinuity of matter is quite a challenge, due to the level of abstraction of this content and the little effectiveness that the transmissionist teaching orientation has achieved. This conjuncture makes it essential to search for new educational proposals that allow improving the teaching of this topic. Therefore, a proposal based on Problem-Based Learning (PBL) is presented, the selection of which was based on the findings of many educational investigations, which conclude that the context is decisive in the teaching-learning process, since addressing situations of real life facilitates the construction of knowledge, according to the assumptions of the theory of situated cognition. Thus, the results of the implementation of a problem-based teaching proposal are shown, the general goal was to improve their understanding of the phenomenon of discontinuity of matter in students in grade 7 of an educational institution in Valle del Cauca. For this reason, three specific goals were proposed for: to design a contextualized written test, to construct a sequence of activities that represented the discontinuity of the matter using problem-based situations, and to document the actions and reasoning of the teacher and students during the educational

intervention. Consequently, due to the nature of the research, it was decided to use a mixed methodology with case studies, which allowed greater data collection and the possibility of better interpretation rather than using a single type of methodological orientation. Thus, the methodological design was carried out in three phases: the first, aimed at the design and application of an evaluative instrument that served as a pretest and posttest, the second, in order to design and implement a sequence of activities that represented the phenomenon of the discontinuity of the matter and the third that the analysis of the data obtained during the development of the investigation tried to document and analyze the actions and reasoning of the subjects immersed in the case studied. This information was analyzed using the learning gain model and the grounded theory helping to cement the foundations of three naturalistic generalizations that allowed a possible solution to the set out problem. This theories are based in the strategy of the PBL enriched the pedagogical work of the teacher regarding the teaching of the phenomenon of the discontinuity of the matter, facilitating the reflexive use of different teaching strategies, encouraged a more autonomous learning in the students, favoring the acquisition of more complex representative models thus helping to continuously monitor the learning process, allowing the teacher to identify how students ideas and alternative models were modified regarding the discontinuous nature of the matter.

Keywords: PBL, matter discontinuity, situated cognition, mixed methodology, study of cases, alternative ideas, alternative models.

Contenido

Pág.

1	Planteamiento del problema	3
2	Justificación.....	7
3	Objetivos	11
3.1	Objetivo General.....	11
3.2	Objetivos Específicos	11
4	Marco referencial	13
4.1	Antecedentes.....	13
4.2	Marco teórico.....	17
4.2.1	Teoría del aprendizaje de la cognición situada	17
4.2.2	El problema como recurso pedagógico.	18
4.2.3	Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).....	19
4.2.4	Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE).	20
4.2.5	La naturaleza corpuscular y discontinua de la materia.....	21
4.2.6	Principales concepciones alternativas de los estudiantes sobre el fenómeno de la discontinuidad de la materia.....	23
5	Marco legal	25
6	Metodología.....	28
6.1	Descripción del caso estudiado.	32
6.2	Diseño metodológico	33
6.3	Fases del diseño metodológico.....	34
7	Análisis de resultados	37
7.1	Generalizaciones inductivas	42
7.1.1	La orientación del ABP permite al docente el uso reflexivo de diferentes estrategias de enseñanza	43
7.1.2	El ABP posibilita hacer seguimiento a la evolución del conocimiento de los estudiantes respecto a un contenido.....	50
7.1.3	El ABP informa los razonamientos y acciones pedagógicas del profesor con el fin de identificar los modelos alternativos de los estudiantes	57

8 Conclusiones	67
Bibliografía	77

Lista de figuras

Figura 1. Flujograma de la metodología de investigación.	31
Figura 2. Utilización del modelo corpuscular y discontinuo de la materia para representar el proceso de evaporación del agua. (Actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta).	51
Figura 3. Respuesta de un equipo de estudiantes donde se percibe el uso de la teoría cinética de la materia. (Actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta).....	52
Figura 4. Representación gráfica de la distribución de partículas de perfume en el aire. (Actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta).	54
Figura 5. Representación semiótica donde se percibe la transferencia didáctica del modelo corpuscular y discontinuo de la materia (Actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta).	55
Figura 6. Representación semiótica que muestra una mejor argumentación científica en las respuestas de los estudiantes.	56
Figura 7. Representación gráfica de un modelo sintético de la materia.	62
Figura 8. Representación gráfica a nivel submicroscópico de la evaporación del agua.	63

Lista de tablas

- Tabla 1.** Índice de ganancia de Hake obtenida al comparar los resultados de las pruebas escritas correspondientes al pretest y al postest.....39
- Tabla 2.** Categorización inductiva proveniente del proceso de la codificación abierta..... 41
- Tabla 3.** Relación entre la categoría central y las otras categorías halladas. 42

Lista de Anexos

Anexo 1: Prueba escrita utilizada como pretest y posttest, con el propósito de comparar la ganancia de aprendizaje.

71

Introducción

La enseñanza de las Ciencias prioriza las relaciones que existen entre la ciencia, el contexto y los aspectos sociales de quien aprende, en la búsqueda de formar íntegramente a ciudadanos críticos que puedan tomar decisiones adecuadas en aspectos científicos y tecnológicos que impacten en su vida. Por tal razón, ésta ha experimentado importantes transformaciones, entre las que se destacan, la modernización y aumento en la intensidad horaria en los sesenta, la incorporación de nuevas tecnologías en los años setenta, el enfoque de «ciencia, tecnología y sociedad» (CTS) de los años ochenta, hasta los más recientes conceptos de física y modelización, buscando que se comprenda como una construcción humana, en un proceso de verdadera alfabetización científica (Meróni, Corpello & Paredes, 2015).

Lo anterior, deja en claro que la enseñanza de las ciencias, incluida la química, debe tener en cuenta la vida cotidiana del estudiante, así como los aspectos sociales en que se desenvuelve. En consecuencia, la introducción paulatina de propuestas educativas sustentadas en el paradigma constructivista, ha logrado superar algunas dificultades presentadas por la enseñanza de tipo transmisionista respecto a la química y específicamente sobre la naturaleza discontinua de la materia. Así, algunos trabajos importantes respecto al uso de propuestas educativas de carácter constructivista sobre este tópico, llaman la atención sobre la relevancia que tiene el uso adecuado de analogías y la apertura de espacios de debate para que los educandos puedan intercambiar sus ideas; así mismo, resaltan el aumento de la capacidad de transferir el modelo discontinuo de la materia a contextos similares a los estudiados (García y Álzate, 2014; Ordoñez, et al., 2013; Villota & Esvenson, 2015). En general, estas investigaciones apuntan a afirmar que los alumnos pasaron de utilizar modelos de la materia basados en aspectos macroscópicos hacia otros con mayor énfasis en los postulados de la teoría cinética de la materia. De igual forma, estas investigaciones dejan claro que la edad entre los 12 y los 13 años son un momento adecuado para comenzar el estudio de la naturaleza discontinua de la materia.

Los anteriores antecedentes son un punto de partida importante para presentar este trabajo, el cual tiene como objetivo principal mejorar la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia en estudiantes de grado séptimo de una I.E. del municipio de Trujillo, Valle del Cauca, a través de una orientación de enseñanza del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). La metodología consiste en el estudio de un caso que se documenta dentro de un aula con estudiantes de grado séptimo de la zona rural del municipio de Trujillo, departamento del Valle del Cauca. Dicha metodología se desarrolla en tres fases a saber: identificación del nivel de desarrollo conceptual de los estudiantes con respecto a la naturaleza discontinua de la materia, diseño de situaciones problemas teniendo en cuenta las ideas alternativas de los estudiantes, implementación de las situaciones generadoras de problemas y análisis de los resultados obtenidos.

1 Planteamiento del problema

Enseñar ciencias trae consigo una gran cantidad de dificultades que están relacionadas con la forma en que se enseña, la visión de ciencia que existe entre estudiantes y docentes, los entornos educativos y los problemas sociales que permean a la escuela. En este sentido, muchas investigaciones señalan que la concepción de ciencia como un cuerpo constituido por contenidos de estructura lógica, rígida y matematizada; refuerza la idea entre los alumnos, de que aprenderla conlleva a un nivel de esfuerzo mayor al compararla con otras asignaturas (Campanario & Moya, 1999).

De igual forma, la enseñanza de la química conlleva sus propias dificultades, las cuales son producto de su naturaleza abstracta. Así pues, los problemas de la enseñanza y aprendizaje de esta ciencia se originan principalmente en la manera cómo el estudiante organiza sus propios conocimientos basado en sus concepciones alternativas sobre la materia. En este orden de ideas, el alumno debe abandonar sus modelos intuitivos producidos a partir de sus percepciones sensoriales, para construir un modelo submicroscópico, que le permita comprender que la materia está constituida por partículas en constante movimiento y separadas por el vacío, a partir del cual pueda dar explicación de lo que ocurre a nivel macroscópico, por ejemplo, los cambios de estado, el proceso de disolución, las teorías sobre las reacciones químicas, el enlace químico, etc. (Llorens, 1998; Crespo & Pozo, 2000; Candela & Viáfara, 2014).

En consecuencia, se puede inferir que algunas de las dificultades más relevantes a la hora de enseñar química, se basan en la incapacidad humana de ver los objetos de estudio (electrones, átomos, moléculas, iones), el poco uso cotidiano de muchos conceptos relacionados con la química y la resistencia de los alumnos en abandonar las explicaciones construidas a través del uso de sus percepciones sensoriales, para recurrir a construcciones mentales más elaboradas que son producto de la actividad científica (González et al., 1989; Galagovsky et al., 2003;

Gómez et al., 2004). De allí que, los educandos tengan la tendencia de explicar la naturaleza de la materia desde una perspectiva macroscópica, asignándoles a los átomos, moléculas, redes iónicas, etcétera, propiedades del sistema al que pertenecen (color, olor, compresibilidad, etc.), puesto que para ellos las partículas son una porción pequeña del material que constituyen (Furió & Furió, 2000; García & Álzate, 2014). De otra parte, la dificultad que presentan los alumnos de abandonar sus ideas o concepciones alternativas, puede explicarse en la predisposición que tienen para emitir juicios basados en observaciones superficiales, o en aceptar explicaciones valoradas en su contexto cotidiano; alejadas de las ideas científicas que han sido construidas de forma reflexiva (Furió & Furió, 2000).

Específicamente, el modelo discontinuo de la materia, es uno de los contenidos que más ha sido investigado en el ámbito de la enseñanza de la química; Furió & Furió (2000), citan los siguientes trabajos como ejemplo de ello, (Benlloch, 1997; Domínguez et al., 1998; Krnel et al., 1998; Johnson, 1998; Lee et al., 1993; Renström et al., 1990); y Gutiérrez et al. (2000) citan a Stavy (1995) y a Benarroch (2000). Dichas investigaciones han llegado a la conclusión de que existen entre los alumnos, ideas alternativas, donde se desconoce el movimiento intrínseco de las partículas que conforman la materia y hay poca aceptación de los espacios vacíos entre éstas. En este sentido, las dificultades para la comprensión de la química están relacionadas con la persistencia de marcos alternativos que carecen de “consciencia submicroscópica”, puesto que los alumnos no utilizan los postulados de la teoría cinética de la materia en la explicación de fenómenos físicos y químicos de la vida cotidiana (Furió & Furió, 2000).

Sumado a lo anterior, las interpretaciones que hacen los educandos de los fenómenos relacionados con la naturaleza discontinua de la materia, presentan una notable carencia en la comprensión y uso de los tres niveles de representación de la química (macroscópico, simbólico y sub-microscópico), restando importancia a la visión submicroscópica del fenómeno, a partir de la cual la química modela el comportamiento y explica las propiedades de las sustancias (Furió & Furió, 2000; López, 2009; Candela & Viáfara, 2014). Todo lo anterior, lleva a la conclusión de que el modelo de materia más usado por los estudiantes es de naturaleza continua, construido a partir de las experiencias cotidianas (García & Álzate, 2014).

Por tanto, uno de los mayores propósitos para el maestro de química, es lograr que los estudiantes sean conscientes de la utilidad que tienen los modelos científicos a la hora de dar

explicaciones a fenómenos de la vida cotidiana. Para propiciar lo anterior, es importante que el docente antes de iniciar la enseñanza, identifique las concepciones alternativas que el estudiante ha desarrollado en sus experiencias cotidianas, culturales y escolares, al igual que la forma cómo este aprende. Así, puede reflexionar sobre la pertinencia del discurso y planear la forma más apropiada de orientar al educando a la construcción de una comprensión del modelo discontinuo de la materia (Pozo et al., 1991; Candela & Viáfara, 2014).

De acuerdo a lo anterior, uno de los principales inconvenientes de la orientación de enseñanza convencional o transmisionista, se debe al desconocimiento de lo que el estudiante ya sabe, razón por la cual ha presentado una serie de dificultades en la enseñanza de la química, impidiendo la comprensión de conceptos tan importantes como los relacionados con las fuerzas de interacción entre partículas y el desarrollo de habilidades científicas, tales como la observación, el análisis de datos, la selección de procedimientos, etc. (Mosquera et al., 2010). Resulta claro, pues, que el rol pasivo del estudiante en éste tipo de enseñanza ha favorecido el aprendizaje memorístico, sin oportunidad de reflexión y basado en el discurso del maestro, el cual “transmite” lo que sabe, esperando que el alumno imite lo que se le enseña. Lo anterior, dificulta el desarrollo de la metacognición en el alumno, ya que se le presentan los productos de la ciencia, pero, no se le hace partícipe de los procesos científicos que han permitido el avance de ésta. Por tanto, la búsqueda de formas alternativas a la enseñanza transmisionista, se ha convertido en un tema recurrente en muchas investigaciones en educación en ciencias (García, 2000).

La orientación de enseñanza basada en problemas (ABP), es una de tales propuestas, apoyada en la teoría del aprendizaje de la cognición situada, aprendizaje situado o aprendizaje cognitivo, se basa en el paradigma epistemológico socio-cultural de Vygotsky. Por consiguiente, la teoría del aprendizaje situado, toma como premisa que el conocimiento se construye a partir de la actividad, la cultura y el contexto; a éste último se le da gran relevancia debido a que es allí donde se realiza el aprendizaje y permite dar significado a lo que se aprende. Por éstas razones, los teóricos defensores de dicha postura, tienen la visión de que la escolarización debe entenderse como un proceso donde el educando adquiere una cultura socio-científica, la cual se desarrolla mucho mejor cuando el alumno puede interactuar con sus pares, la enseñanza se da en un contexto pertinente y se crean ambientes de aprendizaje donde se tenga en cuenta que el conocimiento no se adquiere, sino que, está asociado a la participación, al contexto y a la cultura en la cual se construye (Díaz, 2003; Duque, 2006).

En concordancia con lo anterior, es posible afirmar que una orientación de enseñanza basada en problemas a diferencia de una orientación transmisionista, permite contextualizar el aprendizaje, ya que en el primer caso, a los estudiantes se les enfrenta a auténticos problemas relacionados con el mundo de la vida, los cuales deben resolver a partir de sus propias hipótesis, experimentos y conclusiones (Abadías, 2014). Así pues, la orientación de enseñanza por ABP implica la reflexión, la búsqueda de información, el intercambio de ideas con pares y maestro, permitiendo una construcción del conocimiento donde se le da importancia al entorno socio-cultural y se aprende a partir del contexto. Cabe resaltar aquí, que investigaciones realizadas sobre la orientación de enseñanza por ABP, han puesto de manifiesto que resolver problemas de la vida real, además de permitir construir conocimiento, implican el uso de habilidades para hacer, para actuar, para comunicar; a la par de desarrollar el razonamiento crítico, la interacción social y la metacognición (Gómez, 2005; Tirado, 2015).

Apoyado en los anteriores presupuestos se formula la pregunta de investigación, la cual direcciona el desarrollo de este estudio:

¿Cómo la orientación de enseñanza del Aprendizaje Basado en Problemas ayuda a mejorar el proceso de Enseñanza Aprendizaje del fenómeno de la discontinuidad de la materia en estudiantes del grado 7°?

2 Justificación

Un alto porcentaje de trabajos referentes a la enseñanza de la química, tiene como punto central investigaciones sobre la naturaleza de la materia. El número tan grande de publicaciones sobre dicho ítem se sustenta según Benarroch (2000), teniendo en cuenta los siguientes argumentos: por ser uno de los principales contenidos a enseñar en la educación secundaria, porque brinda a los alumnos la posibilidad de explicar y predecir los cambios físicos y químicos sufridos por las sustancias, por ayudar a los estudiantes a familiarizarse en el uso de modelos científicos permitiendo que el proceso de aprendizaje sea relativamente parecido al quehacer científico, porque es un punto de partida en la comprensión y uso de los tres niveles de representación de la química (macroscópico, simbólico y sub-microscópico) y por su importancia central en la construcción de contenidos en biología y ecología.

Así mismo, a nivel nacional, la importancia que tiene el modelo discontinuo de la materia se hace evidente al revisar los documentos gubernamentales que en materia de Educación en Ciencias Naturales han sido publicados desde la publicación de la Ley General de Educación (Congreso de Colombia, 1994). En este sentido, los lineamientos curriculares de ciencias naturales y educación ambiental emitidos por el MEN (1998), para los grados 7, 8 y 9, y los estándares básicos de competencias de ciencias naturales de los grados 6 y 7 (MEN, 2004) proponen entre otros objetivos; la construcción por parte de los estudiantes de nuevas teorías acerca del mundo natural, y la formulación de hipótesis derivadas de sus teorías usando relaciones cuantitativas sencillas e introduciendo paulatinamente en su discurso el lenguaje propio de la ciencia y la tecnología.

Sumado a esto, el alumno debe sustentar sus respuestas utilizando distintas fuentes de información, ponerlas a prueba al compararlas con las dadas por otros compañeros y por las ideas que valida la ciencia. Además, enfatizan la importancia del conocimiento del modelo discontinuo de la naturaleza de la materia, al incluirlo dentro del estudio de la estructura

atómica y de las propiedades de la materia, de manera que el alumno pueda clasificar la materia según sus propiedades, y con esto, pueda analizar los modelos atómicos que explican las reacciones químicas de sustancias de uso cotidiano (MEN, 1998).

Por tanto, la enseñanza de la composición corpuscular y discontinua de la materia en el grado 7°, se sustenta en los resultados expuestos a partir de muchos trabajos de investigación en enseñanza de la química, los cuales han encontrado que los jóvenes entre los 12 y 13 años de edad, son capaces de utilizar un modelo corpuscular en la explicación de la composición de la materia. Sin embargo, en el modelo expuesto por los alumnos a dicha edad, las partículas no poseen ni movimiento ni están separadas por el vacío (Pozo et al., 1991). Es claro, entonces, que ésta edad es propicia para introducir el estudio de este importante contenido, puesto que, si los estudiantes ya han aceptado la composición corpuscular de las sustancias, es más fácil que construyan un modelo donde las partículas de la materia están separadas por el vacío y tengan movimiento intrínseco.

Por consiguiente, al analizar las competencias que se espera que el alumno de grado 7° alcance en Ciencias Naturales, es claro que la enseñanza en química, debe pensarse de tal forma que permita al educando enfrentarse a situaciones en las que sus explicaciones cotidianas no le permitan dar cuenta de los fenómenos, lo que le obligaría a buscar información en distintas fuentes para ir construyendo una teoría que sea mucho más convincente a la hora de aplicarla a situaciones determinadas. En este sentido, las investigaciones educativas en el campo de la educación en química, han demostrado que en general la orientación transmisionista no ha logrado que los alumnos aprendan significativamente. Esto, se debe a que este tipo de enseñanza se centra principalmente en el docente y busca que los estudiantes repitan las lecciones sin posibilidad de realizar análisis sobre lo que se está aprendiendo. Así, es bastante improbable que el educando desarrolle las habilidades científicas que requiere la actual sociedad (Díaz, 2003).

De lo afirmado en el párrafo anterior, queda claro que buscar orientaciones de enseñanza alternativas a la transmisionista, es uno de los propósitos de los maestros modernos para propiciar ambientes de aprendizaje acordes a las exigencias de la actualidad. Por lo tanto, implementar la estrategia de aprendizaje por resolución de problemas para que los estudiantes comprendan el fenómeno de discontinuidad de la materia, crea un escenario adecuado para

que alcancen las competencias ya descritas, pues permite la creación de teorías y modelos que pueden ir cambiando a medida que interaccionan con otras ideas expuestas por pares y por el docente, lo que enriquece el lenguaje científico del alumno y le permite construir una imagen más real de la actividad científica, en el sentido de verla como un proceso social en el que participan muchos actores.

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Mejorar la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia en estudiantes de grado séptimo de una I.E. del municipio de Trujillo, Valle del Cauca, a través de una orientación de enseñanza del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

3.2 Objetivos Específicos

- ◆ Diseñar un instrumento valorativo que represente las principales ideas que explican el fenómeno de la discontinuidad de la materia para implementarlo antes y después de la enseñanza del fenómeno en cuestión a fin de determinar el efecto de la intervención educativa en los estudiantes del grado 7°.
- ◆ Diseñar e implementar un conjunto de actividades de aprendizaje que representen el fenómeno de la discontinuidad a través de una orientación de enseñanza de aprendizaje basada en Problemas (ABP) dirigido a estudiantes del grado séptimo.
- ◆ Documentar las acciones y razonamientos del profesor y los estudiantes del grado séptimo durante la implementación de la secuencia de actividades de aprendizaje, en conjunción con los aprendizajes logrados por los estudiantes.

4 Marco referencial

4.1 Antecedentes.

Los siguientes trabajos investigativos sirven como punto de partida para determinar las concepciones alternativas que tienen los educandos sobre la naturaleza de la materia, a la vez que pueden brindar luces sobre las actividades más convenientes que se pueden usar en la enseñanza de este importante contenido. Igualmente, son un referente en el análisis de datos y sirven para comparar los resultados que se obtengan en esta investigación.

Con el propósito de identificar y categorizar las analogías usadas para la enseñanza de la estructura íntima de la materia, a la par de reconocer las ideas previas de los estudiantes sobre dicho tópico, Ordoñez et al. (2013) efectuaron su investigación en el grado décimo en tres instituciones educativas de carácter oficial del municipio de Manizales, Colombia. Los resultados obtenidos mostraron que el 57 % de los educandos consideraron la materia como continua, y que el porcentaje restante mostraron incoherencia en sus respuestas, afirmando que la división de la materia tiene un límite, pero éste conserva las propiedades del material que constituye. En cuanto a las analogías que los docentes usaron para enseñar la naturaleza de la materia, el 53 % se basó en el sistema solar, el 26 % con objetos ubicados alrededor del núcleo y el 21 % la célula.

Esta investigación arroja como una de las principales conclusiones, que el uso que se le da a las analogías es un factor clave en el éxito de la enseñanza de las Ciencias Naturales, puesto que esta disciplina está fundamentada en modelos abstractos que deben ser presentados a los estudiantes a través de analogías que permiten que estos puedan comprender las teorías. Por

esta razón, los autores invitan a los maestros a que abran espacios de reflexión pedagógica, donde se analice la manera cómo se usan las analogías en la enseñanza.

Para evaluar el impacto de la implementación de una estrategia didáctica centrada en la resolución de problemas para enseñar la naturaleza de la materia, García & Álzate (2014) trabajaron con alumnos del grado 8° de la institución educativa Nuestra Señora del Rosario del municipio de Villa María (Caldas). La investigación realizada tuvo un carácter descriptivo y comprensivo. Lo primero, porque según los autores tuvo por objeto obtener una o más categorías conceptuales que se infieren a partir de la interacción con una población específica, buscando describir cómo se comprende y se resuelve un problema en un contexto particular. Para lograr esto, se realizó un estudio de casos en el cual se enfrentó a los alumnos a una serie de situaciones problema basadas en la vida cotidiana.

Dentro de los resultados obtenidos vale la pena destacar que hubo una notable disminución de las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el fenómeno de la discontinuidad de la materia, desde un 80% al principio, hasta un 27% al final de la aplicación de la estrategia. Las respuestas a situaciones de la vida cotidiana después de la estrategia fueron más argumentadas científicamente porque tuvieron en cuenta las nociones de vacío y movimiento de partículas; sin embargo para los autores, quedó en evidencia que la concepción de vacío entre partículas es una idea difícil de superar, aun después de la escolarización.

Algunas de las conclusiones a las que llegaron los autores, tuvieron que ver con la evolución de las explicaciones dadas por los estudiantes, pasando de ser basadas en la apariencia a estar mucho mejor fundamentadas científicamente. En forma similar, los investigadores encontraron que la idea del vacío entre partículas, es una noción que los alumnos utilizan poco en sus explicaciones de fenómenos relacionados con la discontinuidad de la materia. Por último, llaman la atención sobre la importancia de abrir espacios de discusión en la clase que permitan a los educandos conocer los procesos de la ciencia, para que ellos mismos puedan construir los conceptos.

La investigación realizada por Villota & Esvenson (2015), con estudiantes de grado 10° de la Institución Educativa Ciudad de Asís, municipio de Puerto Asís, departamento del Putumayo, tuvo como objetivo realizar una propuesta didáctica para la enseñanza del modelo discontinuo

de la materia a través del uso de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Encontraron que el 43% de los estudiantes diferenciaron el nivel molecular y el atómico; de dicho porcentaje el 12 % llegó a representaciones subatómicas. Mientras que el 60,3 % consideraron que las partículas están en reposo todo el tiempo, el 15,4 % piensan que el movimiento es debido a ciertas causas y solo un 19,2 % piensan en un movimiento continuo de las partículas. Así mismo, respecto a la aceptación del vacío entre partículas de un gas, el 34,4 % tuvo noción continua de la materia, el 28,4 % afirmó que existe el vacío material, y el 10,4 % expresaron que entre partículas hay energía o fuerzas. Según los autores, el abordaje epistemológico del concepto discontinuo de la materia y la comprensión de la manera como se comportan los gases ideales, se ve reflejado en la forma como los estudiantes relacionan las propiedades de las partículas que componen los gases y el comportamiento macroscópico de los mismos.

Nebot & Márquez (2017), realizaron una investigación sobre la utilización o no de la teoría cinético-molecular en la explicación de fenómenos de dilatación térmica y fenómenos cotidianos que se estudiaron en clase o que pueden ser observados en la vida cotidiana en el Instituto Manuel Blancafort, ubicado en una provincia de Barcelona, con estudiantes de 1° de la ESO, (lo que equivale al grado 7° en Colombia según convenio Andrés Bello). Los alumnos dieron las explicaciones sobre los fenómenos de dilatación usando el lenguaje escrito, oral y a través de dibujos. El 93,4 % de los estudiantes dieron explicaciones científicas, interpretativas a nivel micro de los fenómenos de dilatación estudiados, de los cuales el 36,7 % usaron todas las ideas de la teoría cinético-molecular. La gran mayoría de los educandos realizó dibujos donde se percibe una apropiación de los procesos de dilatación a nivel microscópico, los cuales acompañaron con explicaciones científicas usando postulados de la teoría cinético-molecular.

Según los autores, un poco más de la mitad de los alumnos fue capaz de transferir los conocimientos adquiridos a situaciones similares distintas a las estudiadas, por lo que infieren la gran importancia del trabajo cooperativo, ya que permite la interacción de pares y el dialogo de saberes, lo que conlleva a la construcción de modelos mentales basados en diferentes perspectivas. Sin embargo, se nota la persistencia de ideas alternas a las científicas con posterioridad al trabajo escolar, por lo que los autores sugieren un trabajo continuo y complementario sobre lo ya estudiado.

Otro trabajo que merece tenerse en cuenta fue realizado por Crespo & Pozo (2000) y tuvo el propósito de analizar la influencia de la edad e instrucción en la comprensión de la discontinuidad de la materia, así como la aceptación de la idea de vacío en los diferentes estados de la materia. Igualmente pretendía identificar las concepciones alternativas a la idea del vacío, la forma en que influyen variables tales como la instrucción y el estado de agregación en el uso de las concepciones alternativas. Dichos investigadores trabajaron con estudiantes de diferentes centros de la provincia de Madrid (alumnos de 1° de la ESO, con edades entre 12-13 años, de 3° de ESO con edades entre 14-15 años, con estudiantes de secundaria no obligatoria con edades entre 16-17 años, con alumnos de psicología y con estudiantes de ciencias químicas de universidades de Madrid). Los autores encontraron que la idea de vacío es mayor en el grupo de estudiantes de 3° con 30% de respuestas correctas, seguido por los estudiantes de psicología con 23%. Los alumnos de 2° ciclo de química (considerados expertos) obtuvieron solo un 15% de respuestas correctas en éste ítem, equiparable al resultado obtenido por estudiantes de menor edad de la ESO (grupos de 12-13 y 14-15 años). La comprensión de la naturaleza discontinua de la materia es escasa y parece no estar influenciada ni por la edad ni por el nivel de instrucción científica que tengan los alumnos.

De acuerdo a las conclusiones obtenidas en estas investigaciones, queda claro que las ideas alternativas relacionadas con la naturaleza corpuscular y discontinua de la materia son difíciles de movilizar, sobre todo la que tiene que ver con la aceptación del vacío entre partículas. En este sentido, cabe anotar que la enseñanza de corte constructivista mediada por tics o a través del uso de situaciones problema, parece tener mejores resultados al compararlos con la enseñanza de orientación transmisionista. Así mismo, es importante resaltar que la edad comprendida entre los 12 y 13 años es una etapa adecuada para iniciar la enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia, porque los alumnos a esta edad utilizan el concepto de partícula en sus argumentos al explicar fenómenos relacionados con este contenido.

4.2 Marco teórico

4.2.1 Teoría del aprendizaje de la cognición situada

Las prácticas educativas actuales, tienen una notable influencia del paradigma epistemológico constructivista, el cual afirma que el conocimiento se da cuando el sujeto interactúa con la realidad que le rodea. En este proceso, el sujeto que aprende, realiza una construcción de la realidad a la par de un desarrollo de su propia mente. Así pues, esta postura sostiene que el desarrollo del individuo en todos los aspectos (cognitivos, sociales y afectivos), implica una construcción realizada a diario a través de la interacción entre el ambiente y sus disposiciones internas. De lo anterior, se infiere que bajo la visión constructivista, acceder al conocimiento no debe entenderse como copiar la realidad, sino, más bien, construirla de manera individual. Dicho proceso se da a partir de los esquemas que el individuo ya tiene, los cuales son producto de su relación con el ambiente (Carretero, 2000).

Así pues, la influencia del constructivismo se refleja en la variedad de teorías sobre el aprendizaje que han ido surgiendo desde décadas atrás, una de éstas ha sido denominada cognición situada, aprendizaje situado, o aprendizaje cognitivo (Díaz, 2003). Esta teoría que vio la luz en los años 80, se basa en el paradigma socio-cultural de Vygotsky, y nace como una posible solución a los inconvenientes presentados en el proceso de enseñanza-aprendizaje al usar un enfoque transmisionista. En este sentido, los defensores de la cognición situada sostienen que la enseñanza transmisionista ha generado principalmente aprendizajes declarativos, abstractos y totalmente descontextualizados, los cuales resultan siendo poco útiles, carentes de significado, difíciles de transferir y alejados del contexto socio-cultural de los alumnos (Penagos, 2007).

Teniendo en cuenta lo anterior, los estudiosos de la cognición situada proponen que las prácticas educativas se deben centrar en situaciones auténticas, que tengan como principales características; tener coherencia, resultar significativas y ser propositivas, lo cual implica que los alumnos aprendan involucrándose en situaciones similares a las que los expertos en diferentes campos del conocimiento se enfrentan a diario. En este orden de ideas, la teoría del aprendizaje situado reconoce que la construcción de conocimientos está estrechamente relacionada con la actividad, el contexto donde se desarrolla y la cultura en donde se le utiliza. Así pues, es indispensable que se produzca un rediseño de los ambientes de aprendizaje, que

permita a quienes aprenden, compartir e integrarse en experiencias cognoscitivas auténticas, teniendo en cuenta que el proceso de aprendizaje tiene un carácter social situado, que se hace más significativo en la interacción con otros, al compartir recursos y abordar prácticas sociales comunes, partiendo de la base que todo esto se logra gracias al lenguaje, el cual permite la mediación entre los actores (Penagos, 2007).

Siguiendo estas ideas, se puede afirmar que la cognición situada es una teoría social del aprendizaje, lo que conlleva a una connotación distinta de los contextos de aprendizaje y la forma en que se relacionan alumnos y maestros, de igual manera permite una interpretación diferente de las relaciones de cooperación entre los participantes. Por esta razón, el aprendizaje situado implica un acuerdo explícito para lograr un objetivo común, a partir de actividades significativas donde todos se involucran. De esta forma, la capacidad para aportar al equipo permite al educando la construcción de su propia identidad, a la vez que lo involucra en la solución social de problemas basados en la experiencia, permitiendo el desarrollo de su propio conocimiento. Así pues, bajo esta perspectiva, aprender implica un proceso de aumento de experiencias, lo que implica que se le dé gran importancia al trabajo en equipo como requisito para desarrollar competencias, pues el aprendizaje es construido a partir de la inmersión de los sentidos en el contexto, lo que niega que se pueda dar a partir de la retención memorística y descontextualizada (Borras, 1999; Niemeyer, 2006).

4.2.2 El problema como recurso pedagógico.

La teoría de la cognición situada, rescata la importancia de la contextualización del aprendizaje a partir de situaciones auténticas y retadoras para el alumno, a este tipo de situaciones se les ha dado el nombre de problemas. Para García (2000), un problema es una situación que puede llevar a la estimulación mental debido a que al no tener una respuesta inmediata y eficaz, motiva a los estudiantes a actuar en búsqueda de una solución. A su vez Pozo et al. (1994), lo ven como toda situación que difiere de lo que el estudiante conoce, pero que puede ser resuelto a partir del conocimiento adquirido anteriormente y con el uso de distintas fuentes de información. En forma similar, Garret (1995) afirma que los problemas verdaderos son aquellas situaciones enigmáticas, que no son ni solucionables ni resolubles sino sólo comprensibles,

mientras que llama rompecabezas a aquellas que potencialmente pueden ser resueltas dentro de un paradigma.

Para Campanario & Moya (1999), el concepto de problema abarca distintos tipos de actividades que van desde pequeños experimentos, observaciones o incluso actividades de clasificación. Por otra parte, Soubirón (2005), afirma que para plantear problemas de ciencias a los alumnos se deben tener en cuenta la ethosciencia y la ethosquímica. La primera referida a los fenómenos de la vida cotidiana, del hogar; en cuanto que la segunda representa la utilidad de la química en el contexto del estudiante. En todo caso, la enseñanza de las ciencias y el trabajo con problemas debe basarse en el contexto en que se desenvuelven los estudiantes. Continua afirmando la autora, que resolver un problema implica ir más allá de realizar consultas y apropiarse de información, obliga a los estudiantes a realizar procesos de análisis y reflexión con el propósito de identificar el problema con el que se enfrentan, para explorar distintos caminos que les permitan llegar a solucionarlo. Estas acciones fortalecen el proceso de investigación, crucial para la producción de ciencia y tecnología, a la vez que facilitan al alumno demostrar su conocimiento de diversas maneras y no solo a través de pruebas estandarizadas.

4.2.3 Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Las prácticas escolares modernas han implicado un replanteo en la forma en que se entiende el proceso de aprendizaje de las ciencias, poniendo de manifiesto que la orientación transmisionista no ha producido resultados significativos en este aspecto; por tal razón, una de las principales preocupaciones de maestros y pedagogos es la búsqueda de estrategias de orientación alternativas, que permitan a los estudiantes construir un conocimiento significativo y transferible, que vaya más allá de la mera memorización. De aquí que, estrategias de orientación basadas en supuestos constructivistas han ido abriéndose paso en el panorama educativo, una de ellas es el Aprendizaje Basado en Problemas, que se fundamenta en la teoría del aprendizaje de la cognición situada (Díaz, 2003).

En este sentido, las investigaciones educativas han demostrado que la estrategia de aprendizaje basado en problemas puede permitir un acercamiento más efectivo de los estudiantes al aprendizaje de las ciencias, puesto que la resolución de problemas es un

proceso clave en la construcción de modelos científicos. Así mismo, los trabajos prácticos (también considerados problemas), hacen parte de las herramientas básicas de demostración y comprensión de los fenómenos científicos. De aquí que, el aprendizaje basado en problemas muestre una serie de ventajas, entre las cuales se pueden citar: el trabajo cooperativo, ya que resolver un problema requiere que los educandos colaboren de forma eficaz en la consecución de soluciones; el uso de la creatividad, puesto que la mayoría de los problemas tienen varias soluciones lo que implica reconocer alguna de éstas y plasmarlas mediante distintas representaciones semióticas para que sean entendidas por otros; además, la búsqueda adecuada de información, la flexibilidad, la autonomía y la tolerancia al fracaso son aspectos relacionados a esta estrategia de enseñanza (Campanario & Moya, 1999; García, 2000; Scott, 2015).

Igualmente, la resolución de problemas puede producir la activación del pensamiento, debido a que el estudiante debe enfrentarse a actividades diferentes a las que se les propone normalmente en la escuela. Con esto, se busca que el educando construya conocimiento a la par de habilidades de pensamiento básicas y superiores, alejándose así de procedimientos mecánicos y de aplicación de fórmulas, todo esto, implica que el estudiante deba ser participativo, creativo, propositivo y capaz de diseñar estrategias, en contraposición a su papel pasivo, de escucha, memorístico e imitador en la enseñanza tradicional (Martínez, 1986; Campanario & Moya, 1999; García, 2000).

4.2.4 Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE).

Dentro de las estrategias de enseñanza por problemas, cabe destacar las situaciones problemáticas experimentables (SPE), donde se busca que los estudiantes aborden problemas de la vida cotidiana de forma experimental (laboratorio, aula, campo, etc.) o de forma teórica (biblioteca, mediateca, consulta a expertos). En este orden de ideas, las situaciones problemáticas experimentables pueden ser usadas dentro del ABP, ya que permiten a los estudiantes analizar los fenómenos físicos o químicos de su vida cotidiana como problemas científicos, obligándolos a buscar información pertinente en fuentes adecuadas con el propósito de explicar el problema estudiado. Posibilita también, que el educando desarrolle actitudes

científicas y capacidades para identificar las técnicas, estrategias y recursos que le sirvan en mayor medida para resolver el problema (Soubirón, 2005).

En consecuencia, las situaciones problemáticas experimentables sirven como excusa para desarrollar procesos de lectura, escritura y oralidad dentro del aula de clases, puesto que exige la comunicación permanente entre pares, con el objetivo de compartir ideas y conclusiones a los demás. En este sentido, también posibilita la retroalimentación que permitirá a cada estudiante o grupo de estudiantes revisar sus concepciones al integrar nuevos argumentos expresados por otros. Es decir, lo ideal es lograr que los alumnos sientan interés por resolver situaciones no estructuradas, pero que puedan investigar a través del uso de distintas fuentes (Soubirón, 2005).

4.2.5 La naturaleza corpuscular y discontinua de la materia.

La enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia, conlleva tarde o temprano a abordar el problema: ¿Cuál es el modelo científico que explica el comportamiento de las partículas que conforman a las sustancias? Para responder a este interrogante es necesario analizar los postulados de la teoría cinética de la materia, la cual resulta básica para comprender casi todos los contenidos de la química, entre los que se destacan, la estructura atómica, el concepto de sustancia pura, el enlace químico, soluciones, el comportamiento de gases ideales, cinética y equilibrio químico.

Según Portolés & Capo (1997) la teoría cinética de la materia apareció en el siglo XVIII, en un texto llamado *Hydrodinámica*, escrito por Daniel Bernoulli, quien afirmaba que los gases contenían una cantidad enorme de pequeñísimas partículas que se desplazaban a través de todo el espacio que tuvieran disponible, propiciando choques elásticos entre éstas, y choques entre las partículas y las paredes del recipiente, que son responsables de la presión del gas. A su vez, éste modelo corpuscular permitió comprobar y cuantificar la ley de Boyle, y hallar una relación entre el aumento de presión y el calor suministrado (ascenso de la temperatura) a un sistema de volumen constante. Para finales del siglo XVIII, había una gran aceptación entre los químicos de la época sobre la existencia de elementos químicos, los cuales definían como

aquellas sustancias que no se descomponían en otras más sencillas, por ninguno de los medios fisicoquímicos conocidos.

Posteriormente, John Dalton (1766-1844) retomó y modificó la vieja hipótesis atómica, usando datos tomados de experimentos realizados por él mismo, pudo constatar las relaciones cuantitativas existentes entre los elementos que conforman un compuesto. A partir de esto, afirmó que la materia estaba constituida por partículas indivisibles a las que denominó átomos, los cuales describió esféricos y rodeados de una atmósfera de calórico, siendo todos los átomos de un elemento químico de igual clase. Con relación a los gases, los representó constituidos por partículas en reposo y con sus capas de calórico en contacto, lo que significaba la ausencia de vacío entre dichas partículas. Para el siglo XIX Amedeo Avogadro, realiza varios trabajos con gases y reformula el modelo gaseoso de Dalton al proponer que las partículas del gas solo poseen una fina capa de calórico y que el volumen que ocupan las partículas del gas es muy pequeño al compararlo con el que ocupa el recipiente que las contiene. Así pues, este modelo de los gases permite inferir la idea de vacío entre partículas, sin embargo, no precisa si tales partículas se hallan en movimiento o reposo (Portolés & Capo, 1997).

La aceptación de la teoría cinético-molecular de los gases se fue dando paulatinamente, uno de los primeros en reconocer su utilidad fue James Prescott Joule (1818-1889), el cual demostró que aceptando la teoría cinética para el calor y la teoría atómica para la materia, era posible explicar una gran cantidad de fenómenos físicos que se daban en los gases. Seguidamente, Maxwell, junto a Ludwig Boltzmann y Rudolph Clausius se encargaron, mediante métodos estadísticos, de dar forma matemática a dicha teoría. La teoría cinética de los gases (que con algunos cambios es aplicable a los otros estados de agregación de la materia), de vital importancia para comprender muchos fenómenos físicos y químicos que afectan a la materia, afirma que los cuerpos gaseosos están formados por partículas increíblemente pequeñas, que se encuentran separadas por distancias enormes al compararlas con su propio tamaño, que se mueven en todas las direcciones, que no ejercen fuerzas de atracción sobre las otras partículas y que chocan elásticamente entre si y contra las paredes del recipiente que los contiene (Chang, 2002).

4.2.6 Principales concepciones alternativas de los estudiantes sobre el fenómeno de la discontinuidad de la materia.

El modelo discontinuo de la materia es uno de los ítems más referenciado en investigaciones sobre la enseñanza de la química, de estos estudios se ha podido establecer que los estudiantes poseen una gran cantidad de concepciones alternativas sobre dicho tópico. Tales marcos alternativos tienen su origen en la percepción sensorial que acompaña a los estudiantes dentro de las observaciones, la cual no se asocia con modelos o teorías científicas, por tanto, el estudiante utiliza sus sentidos y la información que de ellos obtiene para interpretar fenómenos que escapan de su capacidad sensorial, este hecho permite explicar por qué razón las explicaciones se basan en las propiedades macroscópicas de las sustancias (Furió & Furió, 2000).

En consecuencia, algunas concepciones alternativas que nacen de interpretaciones basadas en propiedades macroscópicas, son denominadas animistas, por las cuales se les atribuyen características de ser vivo a las partículas (reproducción), también, existen otras que brindan a las partículas la capacidad de derretirse, evaporarse, disolverse, contraerse, aumentar de volumen (hincharse), o presentar propiedades del sistema al que pertenecen, por ejemplo, el color, el sabor, el olor. De igual forma, los educandos piensan que la cantidad, forma y el peso de las partículas pueden variar cuando cambia el volumen en un proceso de ebullición, por esto, pueden afirmar que los gases “pesan” menos que los líquidos; las partículas “sólidas” son compactas, mientras que las partículas “gaseosas” son más livianas (Pozo et al., 1991; Domínguez & García, 1998).

De forma similar, hay una buena cantidad de concepciones alternativas de los estudiantes sobre la estructura de la materia que parecen tener su origen en la naturaleza submicroscópica de las partículas, que hace difícil comprender sus propiedades al no tener un modelo inteligible que les permita comprender su comportamiento. Una de las ideas más difíciles de superar para los educandos, es la que tiene que ver con la noción de vacío entre partículas, ya que para ellos debe existir “algo”, llenando dichos intersticios, pues creer que haya algo sin materia en el universo contradice lo que se percibe en la cotidianidad. De igual forma, la idea de que las partículas están en reposo es una noción muy extendida entre los estudiantes, que visualizan las partículas de acuerdo al comportamiento que notan en el sistema, al cual perciben en reposo, por lo que infieren que las partículas que lo constituyen también se hallan en dicho

estado (Pozo et al., 1991; Crespo, 1996; Johnson, 1998; Benarroch, 2000; Furió & Furió, 2000; y Espíndola & Campannini, 2006).

5 Marco legal

La presente investigación educativa se realiza a la luz de la Constitución Política de Colombia, la Ley general de educación, los Lineamientos curriculares de ciencias, los derechos básicos de aprendizaje en ciencias naturales y los Estándares básicos de competencias de ciencias naturales. En dichos documentos se hace evidente que nuestro sistema educativo propende por una educación científica que tenga en cuenta la realidad colombiana para buscar soluciones a las problemáticas que nos aquejan como sociedad, partiendo de una visión pluralista de la educación donde confluyan y se respeten las ideas, creencias y cultura de cada persona.

El artículo 67 de la Constitución Política (Congreso de Colombia, 1991) estipula que la educación busca “el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura. La educación formará al colombiano en el respeto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia”. En consecuencia, en las últimas décadas el acceso a la escuela en Colombia ha ido en ascenso, sin embargo, el MEN (2016), afirma, que el aumento de la cobertura no tiene un efecto significativo sobre la sociedad, sino está acompañado por un mejoramiento de la calidad. Esto, permitirá a los estudiantes colombianos tener mejores condiciones de vida en el futuro, ya que promoverá en éstos la innovación, los hará participes del desarrollo tecnológico y promoverá la productividad y el aumento de las oportunidades de progreso.

Ahora bien, alcanzar todos los objetivos que se proponen en La Constitución Política y la Ley General de Educación, implica un cambio de mentalidad respecto a la manera como se imparte la educación en Colombia. En este sentido, el MEN (2016), advierte que alcanzar la calidad educativa implica que la educación colombiana propenda por desarrollar en los ciudadanos las dimensiones sociales, afectivas, cognitivas, prácticas y comunicativas que permitan fortalecer

nuestra sociedad. La visión de educación con calidad corresponde con la búsqueda y logro de fines adecuados tanto a nivel personal como comunitario, que estimulen el progreso social y permitan competir a nivel global; lo anterior, solo será posible si el sistema educativo tiene como norte el mejoramiento continuo y participa activamente en el proceso de equidad, proporcionando mejores oportunidades a los más vulnerables.

En consecuencia, se hace evidente que tanto nuestra Carta Magna como la ley general de educación, demandan que en la Escuela, la enseñanza de las ciencias se dé en un ambiente de formación integral que permita a los estudiantes la toma de decisiones responsables y postura crítica en temas inherentes a la ciencia y la tecnología. Igualmente, se espera que nuestras nuevas generaciones sean coparticipes de la construcción de un futuro mejor desde el punto de vista científico, tecnológico y medioambiental. Estos propósitos de la educación solo se pueden alcanzar si la escuela se convierte en un espacio de debate donde todo sea analizado, criticado y reevaluado si es necesario, razón por la cual cobran importancia las estrategias de enseñanza que permitan el intercambio de saberes (ejemplo ABP).

En este mismo sentido, los lineamientos curriculares de ciencias naturales (MEN, 1998), manifiestan que la forma en que construimos el conocimiento científico tiene mucho que ver con nuestra cotidianidad, a partir de la cual se generan las representaciones mentales que nos sirven para dar sentido a nuestro mundo. Por esta razón, coexisten en la escuela dos tipos de saberes, uno cercano a las teorías científicas representado por el docente y el otro, producto de la interacción de los educandos con su ambiente.

Por tanto, el objetivo del maestro debería ser entonces, el de convencer a los estudiantes mediante argumentos sólidos que las ideas científicas son eficaces y generales y por esto resultan muy útiles para explicar los fenómenos naturales. Estos lineamientos exponen a la ciencia como un cuerpo de conocimientos en continua evolución, lo que implica que su enseñanza debe permitir al estudiante construir una imagen similar de esta, es decir, que no hay teorías irrefutables, que la ciencia es una construcción social producto del aporte de muchas personas, que las teorías deben ponerse a prueba y que pueden coexistir varias ideas que expliquen un mismo fenómeno. La búsqueda de explicaciones a los fenómenos naturales hace que se creen nuevas ideas, lo que trae consigo la construcción de nuevos conceptos

relacionados con nuevas teorías, con lo cual el estudiante adoptará una cultura científica (MEN, 1998).

De forma similar, los estándares básicos de competencias de ciencias naturales (MEN, 2004), presentan un panorama amplio de la forma en que se debe enseñar la ciencia y las relaciones que se deben tener en cuenta para lograr dicho fin. Uno de sus aspectos fundamentales es la interacción que muestra entre los entornos (biológico y físico) y el componente de ciencia, tecnología y sociedad, lo que lleva a pensar y reflexionar sobre las estrategias de enseñanza que aplicamos, pues los conceptos científicos deben y tienen que ser aplicados en distintos contextos, y esto implica que no se puede enseñar una ciencia aislada de las demás, ya que son complementarias. Otro aspecto importante de los estándares se refiere a la necesidad de formar estudiantes conscientes y críticos frente a los desarrollos científicos y tecnológicos, para lo cual resulta indispensable fortalecer los compromisos personales y colectivos que sirvan para valorar éticamente las acciones realizadas en determinados contextos.

En conclusión, la enseñanza de las ciencias debe fortalecer al individuo en los aspectos personal y social a la vez que sirva para favorecer el desarrollo de una cultura científica. Este proceso de enseñanza debe tener en cuenta que el conocimiento científico ha sido construido socialmente y que tiene un carácter mutable, o sea que, debe concientizar a los estudiantes de que tanto las teorías y modelos en los que se basa la ciencia, son permanentemente revisados y puestos a prueba, lo que implica que la ciencia no es un producto terminado y que todos los días aparecen problemas nuevos que deben ser resueltos por los hombres de ciencia. De forma similar, la Escuela debe convertirse en un espacio donde los estudiantes estén permanentemente revisando y poniendo a prueba sus propios conocimientos, con el propósito de identificar si sus ideas deben ser mejoradas para que sirvan como punto de partida en la explicación de los fenómenos de la vida cotidiana.

6 Metodología

En este apartado se desarrolla un análisis del marco metodológico que es usado para la realización de este trabajo de indagación, teniendo en cuenta referentes teóricos que permiten decidir sobre la manera en que se lleva a cabo dicha investigación. De igual forma, se dan a conocer las características de los estudiantes, del maestro, del plantel educativo donde se desarrolla el trabajo, las fases de implementación de esta propuesta y la manera como se analizan los datos recolectados.

Para lograr lo anterior, se debe tener en cuenta que la investigación educativa tiene como finalidad brindar un aporte a dicho campo, en lo referente a la comprensión de un fenómeno, la profundización en contenidos previamente estudiados, la búsqueda de cambios y transformaciones de índole específico o social, teniendo en cuenta los resultados que han obtenido otras investigaciones previamente realizadas (Pérez, 2011). Así pues, se hace evidente que la metodología escogida para realizar una investigación educativa debe tener en cuenta las ideas anteriores, en este caso, el propósito es aportar a los estudiantes una visión de la actividad científica, teniendo en cuenta su naturaleza social, lo que implica que deba ser construida en la interacción con otros. De igual forma, pretende presentar una propuesta para la enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia a través de la orientación del ABP, con el propósito de que sirva como punto de partida a otros docentes de ciencias naturales, que busquen orientaciones de enseñanza basadas en el constructivismo.

Teniendo en consideración el problema de investigación y los objetivos que fundamentan este trabajo, se toma la decisión de utilizar una perspectiva de investigación de carácter mixto, focalizada en los aspectos cualitativos. Es evidente que la metodología mixta es la más adecuada para llevar a cabo este estudio, puesto que la utilización de más de un enfoque de indagación permite una mejor interpretación de los datos, lo que redundará en una mayor comprensión de los fenómenos estudiados, especialmente aquellos que implican el estudio de

campos complejos relacionados con el ser humano y su diversidad (Creswell, 2003; Pérez, 2011). De ahí que, los diseños mixtos posibilitan al investigador la combinación de los paradigmas cualitativo y cuantitativo, lo que conlleva a una visualización más amplia de las problemáticas estudiadas, permitiendo analizar al mismo tiempo, datos representados en imágenes, narraciones o verbalizaciones de los actores a la par de los datos numéricos para tratar de reconstruir una realidad, de tal forma que conserve su esencia.

En este orden de ideas, la literatura ha dejado ver diferentes perspectivas de metodología mixta (ej., concurrentes, secuenciales, de transformación e integración). De ahí que, este estudio está orientado por una perspectiva de naturaleza mixta concurrente o de diseño anidado. Dicha perspectiva permite recoger simultáneamente datos cualitativos y cuantitativos siendo decisión del investigador enfatizar una u otra metodología, teniendo en cuenta el problema y los objetivos que intenta desarrollar (Sampieri et al., 2010). En el proceso de investigación, una de las metodologías queda anidada o insertada en aquella que se considera de mayor importancia, en este caso, el enfoque cuantitativo queda recogido en el cualitativo. Para este estudio, esta clase de metodología resulta clave, ya que la mayoría de los datos que se pretende recoger no son susceptibles de cuantificarse, porque se refieren a acciones, comportamientos y decisiones de los sujetos de estudio.

Ahora bien, la metodología mixta integra y por ende posee las fortalezas de las metodologías cuantitativa y cualitativa. Por un lado, se sabe que el paradigma de investigación cuantitativo tiene gran aceptación en estudios desarrollados en ciencias naturales, valiéndose de cuestionarios, inventarios y estudios demográficos para recolectar datos, posibilitando a su vez un manejo estadístico (Pérez, 2011; Ortiz, 2017). En esta investigación, dichos datos cuantitativos se hacen visibles a través de los resultados que obtienen los educandos en las pruebas escritas que se aplican al inicio y al final de la implementación de la propuesta.

Sin embargo, para esta investigación el método cualitativo tiene prioridad, por considerarse que la mayoría de los datos obtenidos son de tipo cualitativo. Dicha metodología fenomenológica, tiene como principal propósito la comprensión de los motivos y creencias con los que actúan las personas involucradas en el estudio; lo que es difícil de entender a partir del uso de datos estadísticos únicamente (Binda & Balbastre-Benavent, 2013). De lo anterior, se deduce que la investigación cualitativa se lleva a cabo bajo procedimientos de observación específicos, que implican conocer los hechos, procesos, estructuras y personas en su totalidad (Magliano,

2009). Para esta investigación los datos cualitativos se recogen a través de fuentes documentales tales como: el instrumento metodológico de la CoRe, la observación no participante, los videos de clase, el diario reflexivo del maestro, los trabajos de los estudiantes, las entrevistas a alumnos. Dichas fuentes permiten registrar las acciones de los estudiantes y el profesor, a lo largo de la puesta en escena de las diferentes actividades de aprendizaje desde una perspectiva del ABP.

De acuerdo a la naturaleza de esta investigación y teniendo en cuenta que la metodología escogida permite la recolección de datos principalmente cualitativos, además de realizarse en un grupo de estudiantes de una zona rural, se toma la decisión de utilizar el método del estudio de caso único o intrínseco. Entre las razones para dicha selección se puede decir que es una manera muy eficaz de realizar investigaciones en el ámbito educativo, que permite recoger e interpretar diversos tipos de información de tipo cualitativo, difíciles de determinar en métodos cuantitativos, ya que no se pueden expresar en términos de cantidad y que ofrece al investigador la posibilidad de tomar decisiones dentro de la investigación, a partir de la información recopilada mediante el uso de estrategias como la entrevista, observaciones, notas de campo o grabaciones audiovisuales (Cebreiro & Morante, 2004; Expósito et al., 2004; Álvarez y San Fabián, 2012).

En consecuencia, los estudios de caso son muy relevantes ya que favorecen el reconocimiento de la causalidad y posibilitan plasmarla en una teoría naturalista, la cual ayuda a comprender a profundidad los razonamientos y acciones de los individuos que configuran el caso estudiado, permitiendo desarrollar de forma lógica el estudio, desde el diseño hasta la presentación de los resultados, integrando la búsqueda de datos y su correspondiente interpretación. Por estas razones, varios autores afirman que el propósito principal de un estudio de caso es darle significado a una experiencia particular estudiada en su propio contexto, debido a que esta no puede aislarse de su entorno para ser estudiada, de allí, que se plantee que la importancia de la metodología por estudio de caso, se explica en el supuesto de que lo que ocurre a nivel macro se refleja en lo micro, es decir, lo global en lo local (Arnal et al., 1998; Yacuzzi, 2005; Álvarez y San Fabián, 2012).

La serie de razonamientos y decisiones metodológicas tomadas a lo largo de esta investigación se pueden apreciar en el siguiente flujograma, que resume el desarrollo de este estudio (Figura 1).

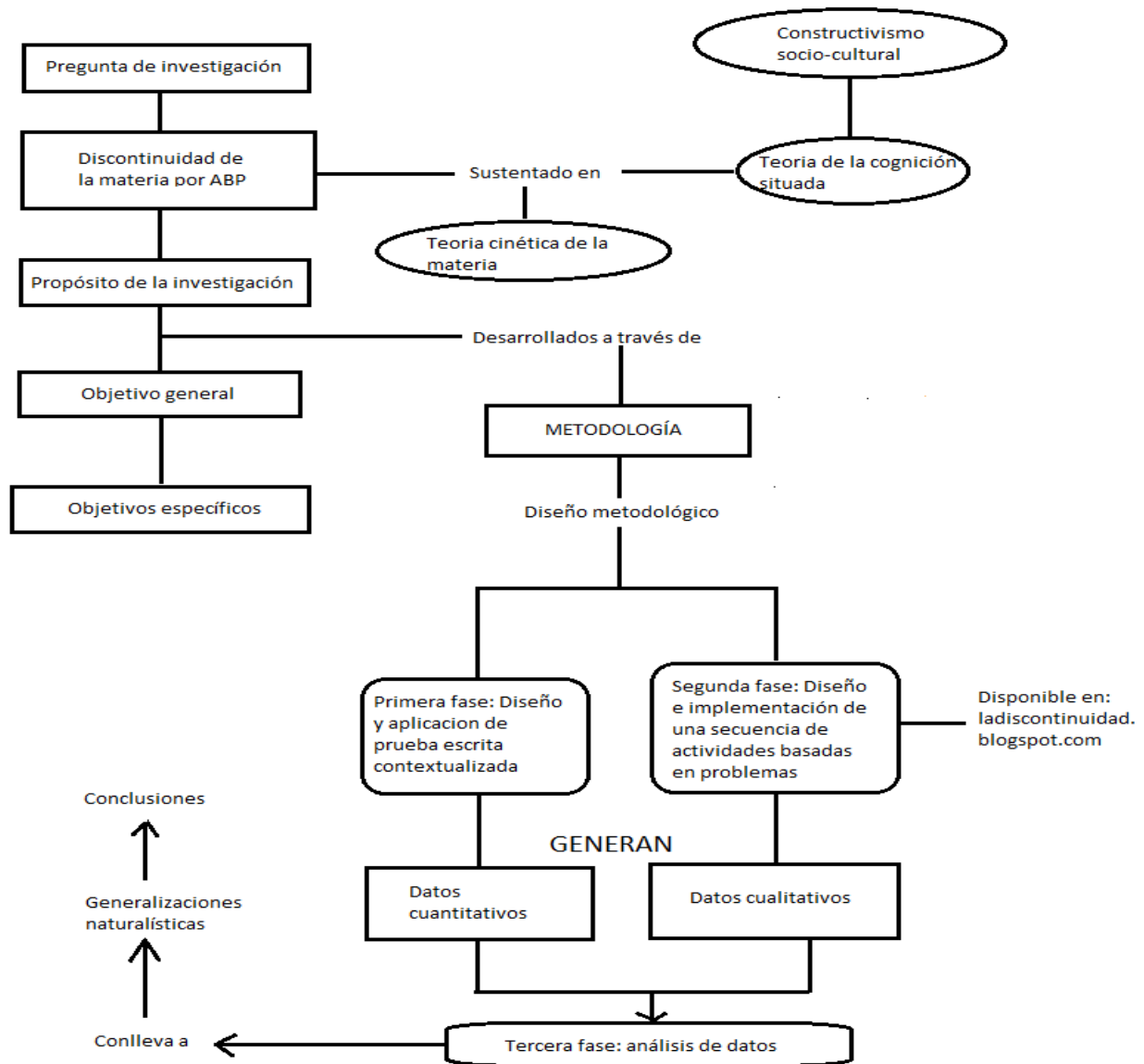


Figura 1. Flujograma de la metodología de investigación.

Fuente: elaboración propia.

6.1 Descripción del caso estudiado.

El caso estudiado en esta investigación se basó en la interacción de un grupo de estudiantes del grado séptimo, de una institución educativa de carácter público, ubicada en la zona rural del municipio de Trujillo, Valle del Cauca. La mayoría de los estudiantes que allí estudian pertenecen a los estratos 1 y 2, de familias con ascendencia campesina y padres con bajo nivel de escolaridad. Dicho grupo de alumnos estaba constituido por 19 estudiantes, de los cuales el 52,63 % correspondían a niñas, mientras el porcentaje de niños ascendía a 47,37. Las edades de estos educandos oscilaban entre los 11 y los 16 años, con un promedio de edad de 12 años y 8 meses. Todos estos elementos convirtieron este estudio en un caso específico, con un contexto único y con una dinámica socio-cultural particular que se tuvo en cuenta a la hora de realizar las observaciones e interpretaciones.

Así pues, el estudio se enfocó en la documentación y análisis de la manera cómo una orientación de enseñanza basada en problemas puede mejorar la comprensión de los estudiantes sobre el fenómeno de la discontinuidad de la materia. La selección de ésta temática se hizo teniendo en cuenta la importancia que tiene dicho contenido en la estructura conceptual de la química. En este punto, se debe resaltar que la naturaleza de la materia es un contenido vital para la comprensión de otros conceptos claves de la química, por tanto, lograr que estudiantes de dicho grado apropien este modelo posibilita un mejor desempeño en dicha asignatura en cursos superiores.

De igual forma, la selección del grupo de estudiantes de grado 7 ° de la zona rural se basó en la necesidad de utilizar estrategias de enseñanza que permitan elevar el nivel de comprensión de las Ciencias Naturales y por ende los resultados en pruebas Saber, que históricamente han sido más bajos en zonas rurales que en zonas urbanas. Así mismo, la escogencia de dicho grado se basó en investigaciones hechas por Pozo et al. (1991, 1994); Crespo & Pozo (2000) y Gómez et al., (2004), que han arrojado conclusiones que ponen de manifiesto que los estudiantes en edades entre 12 y 13 años utilizan el concepto de partículas en la explicación de fenómenos de la vida cotidiana.

Para la selección del docente, se tuvo en cuenta que el caso a estudiar se desarrolló en la zona rural, en una institución de carácter público y con el propósito de implementar una orientación del ABP aplicada a la enseñanza del modelo discontinuo de la materia. Teniendo en cuenta lo anterior, el docente escogido fue un maestro cuya práctica profesional se lleva a cabo en un colegio público de la zona rural, licenciado en biología y química de la Universidad del Valle, con más de 15 años de experiencia, lo que brinda cierto grado de confianza sobre el buen manejo del Conocimiento Pedagógico del Contenido de la discontinuidad de la materia. Igualmente, el docente ha implementado orientaciones de enseñanza basada en problemas en otros contenidos de la química, lo que le brinda experticia en este ítem.

6.2 Diseño metodológico

En coherencia con lo anterior, el modelo metodológico se vio reflejado en la fase de implementación de las actividades que representaban el fenómeno de la discontinuidad de la materia, cuya duración fue de cuatro meses. Este proceso se inició con el pretest el cual estaba constituido por 10 situaciones problemas contextualizadas acorde a la teoría del aprendizaje situado; esta misma prueba fue usada al final como posttest con el fin de tener un referente para determinar la ganancia de aprendizaje desde la perspectiva cuantitativa.

Entre los momentos entre la aplicación del test inicial y el test final, el grupo de estudiantes fue enfrentado a doce situaciones problema, cuatro de las cuales fueron situaciones problemáticas experimentables, tres cerradas y una abierta. Las doce situaciones problematizantes mencionadas, tenían la intención de representar las cuatro sub-ideas sobre las que se basó la propuesta del ABP, cada sub-idea fue desarrollada por un ciclo de aprendizaje, el cual incluía tres fases, una fase de introducción, una fase de exploración y una fase de aplicación (véase: <https://ladiscontinuidad.blogspot.com>).

Es importante destacar que las cuatro sub-ideas que se utilizaron para representar la naturaleza discontinua de la materia corresponden con algunos postulados de la teoría cinética. Dichas sub-ideas sirvieron de base para construir las situaciones problema a partir de fenómenos de la vida cotidiana muy relacionados con las situaciones problema que los

educandos debían responder al final, durante el postest. Así pues, la primera sub-idea se basó en la composición corpuscular de la materia y en los espacios vacíos que hay entre las partículas. La segunda sub-idea, se centró en el movimiento intrínseco de las partículas que componen la materia, la tercera, focalizada en la relación que existe entre las variaciones de temperatura y los cambios en las distancias entre las partículas, la cuarta sub-idea, daba cuenta de las fuerzas de atracción que hay entre las partículas de las sustancias.

En consecuencia, se procedió a analizar y comparar los resultados obtenidos por los alumnos en el pretest y el postest, teniendo en cuenta la sub-idea que se pretendía evaluar en cada uno de los diez ítems que componían la prueba. Para lograr esto, se tomó la decisión de agrupar las preguntas de acuerdo a la sub-idea que representaban. Por consiguiente, la pregunta 1 se analizó aislada puesto que ella pretendía comprender la manera cómo los estudiantes representan a los gases, las preguntas 2 y 7 representaban la relación entre temperatura y distancias entre partículas, los interrogantes 3 y 8 correspondían a la idea del espacio vacío entre partículas, el movimiento intrínseco de las partículas estaba implícito en los ítems 4 y 6, las fuerzas de atracción entre las partículas estaba representado en los interrogantes 5 y 9, por último, la pregunta 10 que buscaba evaluar si los estudiantes usaban de forma correcta la naturaleza corpuscular del aire en la explicación de un fenómeno de la vida cotidiana.

6.3 Fases del diseño metodológico.

A partir de los anteriores presupuestos se tomó la decisión de configurar el diseño metodológico de este estudio en tres fases, cuyo desarrollo permitió comprender a profundidad el caso estudiado. De acuerdo a todo lo anterior, la investigación se realizó teniendo en cuenta las siguientes fases:

Primera fase: En esta etapa se pretendió medir el nivel de apropiación que tienen los educandos respecto a las ideas relacionadas con el modelo corpuscular y discontinuo de la materia, tomándolo como punto de referencia para poder comparar cómo evolucionaron dichas concepciones después de la implementación de la estrategia del ABP. Para lograr tal fin, se empleó un cuestionario con preguntas cerradas, el cual fue construido a partir de contextos

citados en algunas tesis y artículos desarrollados a partir de investigaciones sobre dicho contenido conceptual (Rubio Moreno, 2006; Martínez, 2016), (Véase anexo 1).

Segunda fase: Durante esta etapa se diseñaron e implementaron las actividades de aprendizaje que representaban el núcleo conceptual de la química a unos estudiantes singulares, a través de la orientación del ABP. Dichas actividades o situaciones problema se diseñaron teniendo en cuenta las concepciones alternativas de los alumnos y los estados de agregación de la materia, iniciando con experiencias con gases, de manera que fuese más fácil de comprender el fenómeno en cuestión. Para el diseño de dichas actividades se tuvo en cuenta lo que afirman los Derechos básicos de aprendizaje y matriz de referencia (componentes curriculares o referentes de calidad), respecto a lo que se espera que un estudiante de grado 7° sepa sobre los modelos de la materia y el lenguaje científico que debe manejar en dicho nivel.

Para lograr lo anterior, fue indispensable construir la Core o en español Reco (Representación del contenido), que según Rodríguez (2013), es un instrumento que permite sintetizar la forma como un maestro enseña un contenido específico, brindando la posibilidad a otros de indagar acerca de las motivaciones, creencias, referentes pedagógicos y saberes que el enseñante tiene en cuenta a la hora de planear las clases que representarán dicho conocimiento. La información que se puede obtener a partir de la CoRe, se ha denominado Conocimiento Pedagógico del Contenido (CPC) del maestro y posibilita inferir cuales son las decisiones curriculares e instruccionales que el educador toma como base para planificar, actuar y reflexionar en su quehacer pedagógico. La CoRe se basa en una serie de preguntas que tienen como propósito capturar los aspectos claves del CPC del maestro para un contenido específico (véase: <https://ladiscontinuidad.blogspot.com/2020/02/respresentacion-del-contenido.html>).

Ahora bien, después del diseño de las actividades que representaban el modelo discontinuo de la materia (fundamentadas en las teorías científicas, paradigmas pedagógicos, componentes curriculares estatales) y teniendo en cuenta la CoRe del maestro, se realizó la implementación de estas a los estudiantes del grado 7°, con el propósito de evidenciar la evolución de las concepciones alternativas. Cada situación realizada en esta fase se llevó a cabo a través de algunas estrategias pedagógicas tales como: el trabajo cooperativo, intercambio de ideas y debates, así mismo, el docente intervino para dar orientaciones didácticas cuando lo creyó pertinente, usando entre otras estrategias, el método socrático. Cada equipo de estudiantes

debió dar cuenta de las situaciones problema a través de distintas representaciones lingüísticas, de tipo escrito, oral, y gráfico ante el resto del curso. En esta fase fue trascendental involucrar a los alumnos en las teorías científicas que sustentan el modelo explicativo de las propiedades de la materia, para lo cual se trabajó con videos, simulaciones y lecturas que permitieron a los estudiantes construir un marco teórico que sirvió en la explicación de las situaciones problemáticas estudiadas.

Tercera fase: En esta etapa se buscó evaluar el nivel de apropiación del modelo corpuscular y discontinuo de la materia por parte de los educandos después de la implementación de las situaciones problema que se propusieron. Para lograr este propósito se aplicó nuevamente la prueba que se les presentó durante la fase previa, y se realizó una comparación entre las respuestas dadas al principio y al final de la propuesta. Dicha comparación se realizó bajo la óptica de la teoría cinética de la materia, en relación al buen uso de los postulados que hablan sobre la estructura de la materia, a saber: la existencia del vacío entre las partículas, el movimiento intrínseco de éstas dentro del cuerpo que componen y la existencias de fuerzas de atracción entre dichas entidades submicroscópicas. En este sentido, se sabe que los resultados deben ser analizados y comparados basándose en un instrumento o parámetro de medida estadístico confiable, por lo cual se determinó utilizar el modelo de ganancia de aprendizaje normalizada o ganancia de Hake (Sánchez et al., 2014).

De igual forma, se documentaron las acciones y razonamientos de los alumnos y profesor durante la implementación de las actividades propuestas para la enseñanza del modelo discontinuo de la materia. Para lograr lo anterior, se realizaron grabaciones de las clases, se analizaron el diario reflexivo del maestro, el instrumento metodológico de la CoRe, las entrevistas a estudiantes y el material de las actividades desarrolladas por los educandos, con el propósito de dar respuesta al problema inicial de ésta investigación. Todas estas fuentes documentales fueron analizadas de acuerdo a la teoría fundamentada de Strauss & Corbin (2016).

7 Análisis de resultados

Después de realizar la implementación de las actividades usadas para representar el modelo discontinuo de la materia desde la orientación del ABP, se procede a hacer un análisis de los resultados obtenidos. Para ello, se debe tener en cuenta la metodología mixta propuesta para el desarrollo de este trabajo. Por este motivo, el análisis de los datos se hace de dos maneras, por una parte, los resultados cuantitativos obtenidos de las pruebas escritas al inicio y al final de la propuesta, se analizan usando el factor de ganancia de aprendizaje de Hake, mientras los datos de carácter cualitativo recogidos a través de la observación no participante, las entrevistas a estudiantes, la CoRe, videos de clases, diario reflexivo del maestro, se proceden a analizar desde la teoría fundamentada de Strauss & Corbin (2016), teniendo siempre presente el marco teórico y el problema de investigación.

Cabe recordar que este documento recoge los resultados de un trabajo llevado a cabo a través de una metodología mixta con estudio de casos, donde se documenta una propuesta de enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia mediada por la orientación del ABP. Si bien, los datos de naturaleza cuantitativa y cualitativa han sido recogidos y analizados en momentos diferentes, éstos se entretajan de forma sinérgica en la fase de teorización o desarrollo de las generalizaciones naturalísticas (enfoque mixto anidado CUALITATIVO-cuantitativo), con el propósito de comprender cómo la enseñanza desde la perspectiva ABP influye en el aprendizaje de la discontinuidad de la materia en estudiantes de grado 7°.

Así pues, el proceso de análisis de todo el corpus de datos que caracteriza al caso estudiado se realiza teniendo en cuenta el problema planteado en este trabajo de

investigación. Por una parte, se procede a aplicar el modelo de ganancia de aprendizaje normalizada o ganancia de Hake a cada una de las preguntas hechas durante las pruebas escritas correspondientes al pretest y al postest (Tabla 1). Este análisis sirve de insumo para apoyar el análisis cualitativo en los aspectos que resultan importantes al momento de la validación de las teorías naturalísticas, por tanto, el análisis cuantitativo no aparece explícito en este escrito porque el tamaño del documento se habría hecho inmanejable. Cabe recordar que el factor de ganancia de aprendizaje de Hake, según Castañeda et al. (2018), se calcula de la siguiente manera:

$$g = \frac{(\% \text{ respuestas correctas del postest}) - (\% \text{ respuestas correctas del pretest})}{100 - (\% \text{ respuestas correctas del pretest})}$$

Este índice de ganancia de aprendizaje se interpreta de acuerdo al siguiente rango:

- Si $g \leq 0,3$, corresponde a un índice de ganancia bajo.
- Si $0,3 < g \leq 0,7$, corresponde a un índice ganancia medio.
- Si $g > 0,7$, corresponde a un índice de ganancia alto.

De la aplicación de este estadístico se calcula la ganancia de aprendizaje en cada uno de los interrogantes de la prueba escrita, dando los siguientes resultados (Tabla 1):

Tabla 1. Índice de ganancia de Hake obtenida al comparar los resultados de las pruebas escritas correspondientes al pretest y al postest

Idea que se valora en dicha pregunta.	Pregunta.	Ganancia de aprendizaje de Hake.
Comprensión de la manera como los estudiantes representan a los gases	Número 1	0,59
Relación entre temperatura y las distancias entre partículas	Número 2	0,93
	Número 7	0
Espacio vacío entre partículas	Número 3	0,91
	Número 8	0,88
Movimiento intrínseco de las partículas	Número 4	1
	Número 6	0,41
Fuerzas de atracción entre las partículas	Número 5	0,44
	Número 9	0,41
Uso de la naturaleza corpuscular del aire en la explicación de un fenómeno de la vida cotidiana.	Número 10	0,67

Como puede apreciarse, estos datos cuantitativos ofrecen una idea muy general de la eficacia de la propuesta de enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia a través de la orientación del ABP. Sin embargo, teniendo en cuenta que uno de los objetivos del presente trabajo es documentar las acciones y razonamientos de los educandos y el docente durante la implementación de la secuencia de actividades de aprendizaje, resulta indispensable complementarlos con datos de naturaleza cualitativa que permitan comprender el caso a profundidad y brinden argumentos teóricos que den una posible solución al problema que ha guiado este estudio.

En consecuencia, se procede a realizar la revisión de los datos cualitativos de acuerdo a los planteamientos hechos por la teoría fundamentada de Strauss & Corbin (2016). Según dicha perspectiva analítica, los datos deben ser analizados teniendo en cuenta los tres tipos de codificación a saber: abierta, axial y selectiva. Las dos primeras útiles en el inicio de la investigación, mientras la codificación selectiva es usada en las fases finales del estudio.

En la primera etapa o codificación abierta, se busca identificar los conceptos que podrían describir de la mejor manera el fenómeno estudiado, es decir, el estudio de casos de un grupo de estudiantes del grado 7, en el que se implementa una propuesta de ABP para mejorar la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia. Para llevar a cabo el proceso de conceptualización, se etiquetan o codifican los fenómenos, usando representaciones abstractas para los acontecimientos, objetos, acciones o interacciones identificados como significativos en

los datos. Dichos conceptos se examinan posteriormente de forma comparativa, para luego ser nominados según lo propuesto por Hernández et al., (2011).

Con el propósito de hacer más claro este análisis, es menester explicar los códigos que se utilizan para nominar algunas fuentes documentales. Cada uno de los códigos cuenta con 4 referencias; la primera, indica el tipo de fuente documental y está constituida por tres letras, así, VID indica video, IMG hace referencia a una imagen escaneada de las actividades realizadas por los estudiantes, ENT hace alusión a la entrevista a un estudiante. La segunda referencia indica la fecha en que se tomó la evidencia, la tercera solo se aplica al caso de la imagen y el video, y está integrada por la letra S y un número que varía del uno al cuatro, esta referencia indica a cuál de las cuatro sub-ideas está relacionada la fuente, la cuarta referencia describe la fase del ciclo de aprendizaje de cada una de las sub-ideas (véase: <https://ladiscontinuidad.blogspot.com/2020/02/introduccion.html>), así, si es 01, sería la fase de exploración, el numero 02 indica fase de introducción y el 03 se relaciona a la fase de aplicación. Como ejemplo de lo anterior, supongamos un código VID_20191104_S2_02, esta fuente documental sería entonces un video, grabado el día 4 de noviembre de 2019, durante una clase donde se estudiaba la sub-idea 2 y se realizaba la fase de introducción de la misma.

En este orden de ideas y teniendo siempre presente el problema y el marco teórico que sustentan esta investigación se procede a analizar los datos recogidos de distintas fuentes documentales (p. ej., videos de clases, entrevistas con estudiantes, trabajos de los alumnos, diario reflexivo del maestro, CoRe), con el propósito de identificar los conceptos que aparecen en ellos. Dicho análisis se lleva a cabo descomponiendo los datos y posibilita identificar en un principio 36 conceptos, los cuales después de una nueva revisión, pueden ser reagrupados en 14 (Tabla 2).

De igual forma, el proceso de descomposición de los datos, posibilita realizar un análisis minucioso que permite encontrar diferencias y similitudes entre los conceptos. Lo anterior, hace posible agrupar las acciones, acontecimientos, sucesos, objetos o interacciones que poseen afinidad respecto a su naturaleza, en rangos conceptuales de mayor complejidad, denominados categorías (Tabla 2). Seguidamente, se realiza la codificación axial caracterizada por el desarrollo de un análisis profundo de cada categoría, buscando hallar evidencias de las interacciones y relaciones con otras categorías o subcategorías, determinadas por el

investigador. Así pues, la codificación axial favorece la identificación de las relaciones que existen entre las dimensiones de las posibles categorías (Hernández, et al., 2011).

El desarrollo de estas dos fases permite agrupar los datos en 4 categorías inductivas estrechamente relacionadas buscando encontrar posibles soluciones al problema planteado. En la tabla 2 se muestra una síntesis del análisis realizado durante las fases de codificación abierta y axial.

Tabla 2. Categorización inductiva proveniente del proceso de la codificación abierta.

Categorías	Conceptos relacionados
Acciones pedagógicas del maestro.	Planificación y reflexión pedagógica sobre el contenido (CoRe).
	Orientación socrática para posibilitar que los alumnos reflexionen sobre sus ideas alternativas, centren su atención en aspectos relevantes o retomen aspectos de ideas ya estudiadas.
	Enriquecimiento de la propuesta del ABP utilizando otras situaciones problemas diferentes a las originales.
Acciones de los estudiantes que permiten inferir una mayor comprensión del contenido.	Transferencia del modelo corpuscular y discontinuo de la materia usando los tres niveles de representación de la química.
	Relación entre los nuevos conocimientos y las ideas estudiadas con anterioridad haciendo buen uso del lenguaje científico.
	Aumento del nivel de complejidad en las representaciones semióticas usadas.
Aspectos asociados a la implementación de la estrategia del ABP.	Trabajo cooperativo.
	Respeto por las opiniones divergentes de sus compañeros.
	Participación de todos los miembros del equipo de trabajo.
	Lenguaje oral más amplio que el escrito.
	Disposición para replantear sus hipótesis de acuerdo a la adquisición de nueva información.
Aspectos relacionados con el Conocimiento pedagógico de la química.	Orientación pedagógica basada en la teoría de la cognición situada.
	Explicación de fenómenos usando ideas alternativas sobre las partículas.
	El uso de modelos alternativos y sintéticos de la naturaleza de la materia.

La tercera fase o codificación selectiva, busca determinar la categoría central, con el objetivo de codificarla sistemática y concertadamente. Para lograr lo anterior, se analizan de manera concienzuda las categorías antes enunciadas, encontrando que la categoría nominada como “acciones asociadas a la implementación de la estrategia del ABP”, resulta muy propicia para la búsqueda de una solución al problema planteado. De igual forma, tiene concordancia con el

objetivo principal de este estudio y guarda estrecha relación con las demás categorías que se han hallado durante la revisión de las fuentes documentales.

A continuación y con el propósito de generar las teorías naturalísticas se procede a cotejar los análisis realizados durante la codificación abierta, conceptos y categorías conceptuales, con los realizados durante la codificación axial a partir de los registros documentales. Esto redundará en la posibilidad de limitar la teoría a la luz de acciones que implican integraciones analíticas en las categorías halladas. Un resumen de lo descrito hasta aquí puede verse en la tabla 3.

Tabla 3. Relación entre la categoría central y las otras categorías halladas.

Categoría central o medular.	Categorías relacionadas.	Generalizaciones naturalísticas.
Acciones asociadas a la implementación de la estrategia del ABP.	Acciones pedagógicas del maestro.	La orientación del ABP permite al docente el uso reflexivo de diferentes estrategias de enseñanza.
	Acciones de los estudiantes que permiten inferir que están comprendiendo el contenido.	El ABP posibilita hacer seguimiento a la evolución del conocimiento de los estudiantes respecto a un contenido.
	Aspectos relacionados con el Conocimiento Pedagógico de la química.	El ABP informa los razonamientos y acciones pedagógicas del profesor con el fin de identificar los modelos alternativos de los estudiantes.

7.1 Generalizaciones inductivas

En concordancia con todo lo anterior, se proponen tres teorías naturalísticas a saber: la orientación del ABP permite al docente el uso reflexivo de diferentes estrategias de enseñanza, el ABP posibilita hacer seguimiento a la evolución del conocimiento de los estudiantes respecto a un contenido y el ABP informa los razonamientos y acciones pedagógicas del profesor con el fin de identificar los modelos alternativos de los estudiantes. Con el propósito de fundamentar estas teorías se busca apoyo en las distintas fuentes documentales y se triangulan las relaciones entre los datos de naturaleza cuantitativa y cualitativa con el fin de evidenciar la confiabilidad y veracidad de tales generalizaciones

7.1.1 La orientación del ABP permite al docente el uso reflexivo de diferentes estrategias de enseñanza

La naturaleza de la orientación de enseñanza basada en problemas permite al educador una interacción permanente con sus alumnos, esto implica que el maestro tenga la posibilidad de utilizar diferentes estrategias de enseñanza. En el caso de este estudio se identifican algunas, tales como, la planificación y reflexión pedagógica sobre el contenido (CoRe), la utilización del método socrático de preguntas y el uso de situaciones problemáticas diferentes a las propuestas inicialmente. Así pues, con el propósito de validar esta generalización naturalística y teniendo como referentes el marco teórico y el problema de investigación, se procede a buscar evidencias que reflejen la relación entre las categorías antes descritas, con el objetivo de comprender como esta teoría puede brindar parte de la solución al problema planteado.

En primera instancia y tratando de ir desde lo general a lo particular, se analiza el instrumento metodológico de la CoRe realizado por el maestro, que orienta la planificación de la enseñanza de la discontinuidad de la materia, contando con un proceso reflexivo desde el punto de vista pedagógico respecto a dicho contenido (véase: <https://ladiscontinuidad.blogspot.com/2020/02/respresentacion-del-contenido.html>).

Durante la construcción de éste, el profesor toma conciencia de las representaciones que puede utilizar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de un contenido específico, entre las que se pueden mencionar, los ejemplos, situaciones problemáticas, las analogías, situaciones experimentales, etc. De otra parte, a partir de la literatura especializada es posible que el maestro pueda determinar las principales limitaciones, dificultades y concepciones alternativas que puede encontrar en su accionar en el aula. Convirtiéndose esta información en la base del proceso de planeación y reflexión que posibilite la disminución de la brecha entre las teorías pedagógicas producto de la investigación en educación y la práctica educativa que recae esencialmente en el docente.

Dentro de las muchas fortalezas que se hallan en la CoRe construida por el docente para este caso en particular, se pueden citar, la descripción de las dificultades más sobresalientes relacionadas con la enseñanza de este contenido y de la química en general (por ejemplo, la

apropiación de los modelos científicos) y las ideas alternativas de los alumnos con respecto a dicho contenido. Como aspecto negativo, vale destacar que no se detallan las ideas alternativas de los educandos respecto a contenidos relacionados con el fenómeno de la discontinuidad de la materia y que fueron previamente estudiados, este es un insumo que puede resultar de gran importancia a la hora de la interacción en el aula, puesto que las dificultades que el alumno trae de contenidos anteriores tienen un impacto importante a la hora de construir conocimientos nuevos.

Lo que se ha descrito en el párrafo anterior, se hace visible en la CoRe realizada por el maestro antes del inicio del ciclo de aprendizaje. Así pues, con respecto a la pregunta: ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea? La siguiente viñeta describe un fragmento de la respuesta del maestro:

“la apropiación de conceptos y por ende la construcción de conocimientos científicos implica la asimilación de representaciones mentales o modelos. Estos modelos facilitarán o no la capacidad para captar, comprender y predecir fenómenos, dependiendo de qué tan cercanos estén respecto a los modelos científicos (Fuente: CoRe del maestro).”

Otro de los interrogantes propuestos en la CoRe fue: ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los estudiantes influyen en su enseñanza de esta idea? En la siguiente viñeta puede leerse una parte de la respuesta del docente:

“muchas de las explicaciones que tienden a dar los estudiantes a fenómenos relacionados con la discontinuidad de la materia se basan en el comportamiento macroscópico de las sustancias y no a su composición interna (fuente: CoRe del maestro).”

Es claro pues, que este tipo de razonamiento antes de la interacción con los estudiantes es un prerequisite *sine qua non* para lograr prácticas educativas exitosas, ya que cualquier tipo de orientación de enseñanza mal dirigida no dará buenos frutos. Es entonces muy relevante que el docente se tome el tiempo suficiente para pensar antes (planeación), durante (*in situ*) y después de la clase. En la fase de planeación se fundamenta el resto del proceso pedagógico

que llamamos enseñar y es allí donde el maestro se llena de argumentos y puede adelantarse a muchas de las situaciones que podrían presentarse en el aula. En este punto, es indispensable llamar la atención acerca de la relación sinérgica que existe entre esta fase y las estrategias de enseñanza que usa el docente, puesto que si la primera no guía a las otras, el proceso no tendrá una estructura que permita que los estudiantes alcancen las metas de aprendizaje.

Lo anterior deja al descubierto que la planificación debe sentar las bases para las acciones que el docente realice durante su práctica educativa. En el caso que tratamos de comprender, dicha relación se hace evidente al analizar el uso que hace el profesor del método socrático de preguntas, con el cual busca identificar las ideas alternativas, con el objetivo de enfocar a los educandos hacia los aspectos relevantes o para que retomen ideas que ya han sido estudiadas y que son importantes para la explicación de un fenómeno determinado. En este sentido, lo que permite al maestro identificar las concepciones alternativas de los alumnos y luego actuar de acuerdo a estas, es precisamente la información recopilada durante la fase de planeación. Sin este insumo, el maestro no podrá actuar *in situ* y sus reflexiones pedagógicas no darán cuenta de la situación presentada. Así pues, el uso del método socrático y la fase de planeación a través de la CoRe forman una relación simbiótica desde el punto de vista pedagógico, la primera se fundamenta en la segunda y a su vez esta enriquece a la primera, de tal manera que hay una retroalimentación permanente entre ambas.

Los anteriores presupuestos pueden ser validados por medio de la siguiente viñeta, extraída de la fuente documental nominada como VID_20191107_S3_02:

Este diálogo se dio después de que los estudiantes observaran inflar un globo puesto encima de una botella que se hallaba sobre una fuente de calor (vela):

Profesor: *¿Qué observaron?*

Germán: *a medida que la bomba se calienta se empezó a inflar.*

Profesor: *¿pero la bomba se infló instantáneamente?*

Nolberto: *no, se fue inflando poco a poco, según cuando se genera más calor en la botella se infla más.*

Profesor: *pero a ver, ¿se genera más calor en la botella? ¿La botella genera calor?*

Sebastián: *no.*

Profesor: ¿Quién está generando calor?

Nolberto: la vela genera más calor y entonces le suministra a la botella.

Profesor: y entonces ¿cómo afecta eso al sistema que hay adentro de la botella? ¿Qué había dentro de la botella?

German: aire.

Nolberto: aire. Entonces el aire empieza a subir porque se evapora poco a poco y va subiendo y va inflando la bomba.

Profesor: usted está de acuerdo –refiriéndose a Germán- ¿el aire se evapora?

German: sí.

Profesor: ¿ustedes creen que el aire se evapora?

Nolberto: si, porque mire cuando después de un tiempo la botella tenía como gotitas de agua.

Profesor: ¿Qué es evaporarse?

Germán: no sé.

Sebastián: cuando se evapora es que traspasa las cosas para salir o sea se va desapareciendo.

Profesor: ¿Qué se evapora? Denme un ejemplo de una sustancia que se evapore.

Todos: el agua.

Profesor: cuando ustedes dicen que esa sustancia se evapora, ¿Qué está pasando con ella?

Sebastián: está...

Nolberto: está cambiando de estado.

Profesor: ¡exactamente! está cambiando de estado. ¿En qué estado estaba?

Germán: liquido.

Profesor: ¿a qué estado pasó?

Nolberto: gaseoso.

Profesor: entonces si ustedes dicen que el aire se evaporó, ¿estará bien utilizada esa palabra?

Todos: no.

Profesor: ¿Por qué no?

Germán: no, porque el aire no.

Profesor: Cuando una sustancia se evapora ¿pasa a qué estado?

Todos: al gaseoso.

Profesor: ¿y el aire está en qué estado?

Todos: gaseoso.

Profesor: entonces ¿el aire se puede evaporar?

Todos: *no.*

Fuente: video de una clase realizada durante la implementación de la propuesta.

Esta viñeta, permite observar que el docente hace una intervención *in situ*, al momento de identificar una idea sin validez científica, en este caso, cuando los estudiantes afirman que el aire se evapora, para poder realizar dicha acción el docente debe tener un CPC bien estructurado y haber realizado una buena planeación que le haya permitido reflexionar sobre este tipo de situaciones a las que puede estar expuesto, y luego, usar el método socrático para orientar a los educandos, de tal forma de hacerlos percatarse de las deficiencias de sus ideas.

Esa relación que se describe entre la planeación y el uso de estrategias pedagógicas dentro del aula (en este caso el método socrático), puede impactar también de forma negativa en el proceso de aprendizaje, esto ocurre cuando no hay una coherencia entre estos dos aspectos. Así, por ejemplo, si el maestro no se percata o no realiza las acciones idóneas para contra argumentar las ideas expuestas por los estudiantes, bien sea porque no hubo una planeación adecuada o porque la reflexión *in situ* no se llevó a cabo de forma pertinente, el método socrático pierde su valor y los estudiantes terminan aferrándose a sus ideas alternativas, incluso aumentando el porcentaje de estos que terminan usando tales concepciones.

Como evidencia de lo descrito en el párrafo anterior, es pertinente analizar la manera cómo cambian los porcentajes de estudiantes que seleccionan el distractor B, en la pregunta 6 de la prueba escrita usada como pretest y postest (Anexo 1). Dicha respuesta pasa de un 15,8 % en el pretest a un 31,6 % en el postest, lo que indica un aumento del doble. Dicho distractor, afirma que, al incrementarse la temperatura de un neumático debido al rozamiento, había un aumento en la cantidad de aire dentro de la llanta. Esta idea alternativa corresponde a la categoría animista, la cual implica que los estudiantes le asignan propiedades de ser vivo a las partículas, como en este caso, la posibilidad de aumentar su cantidad (reproducción). Esta concepción alternativa también se encuentra en las respuestas al interrogante número 7, donde el distractor D tiene explícita la misma idea, en ese caso las respuestas pasaron de 21 % en el pretest a 31,6 % en el postest. Es decir, que se presenta un crecimiento en la utilización de este marco alternativo, por lo que esta propuesta no ha tenido éxito en modificar esta concepción en los estudiantes.

Por otra parte, otra estrategia que el docente utiliza es la de proponer a los estudiantes situaciones problemáticas que no aparecen originalmente en la secuencia de actividades que representan el modelo discontinuo de la materia (mutación letal del currículo). Con estas situaciones el maestro busca fortalecer la propuesta brindando a los estudiantes espacios para reflexionar sobre lo aprendido a la par de indagar si éstos relacionan los nuevos conocimientos con contenidos ya estudiados. Igualmente, es una forma de evaluar si los alumnos son capaces de realizar transferencias didácticas hacia otros contextos a la vez que se analizan aspectos relacionados con las habilidades científicas, tales como la forma en que resuelven los problemas, el trabajo cooperativo, etc. Todo lo anterior, favorece en los estudiantes una comprensión mucho más amplia del contenido estudiado, puesto que el aprendizaje se centra en ellos, resultando así más significativo.

Como ejemplo de lo anterior, en una de las clases el docente lleva tres vasos con agua a distintas temperaturas, y pide a los equipos que traten de predecir lo que puede ocurrir si a cada uno de los recipientes se vierten tres gotas de tinta. El educador después de la clase, escribe en su diario reflexivo lo siguiente:

“Las situaciones problema contextualizadas permiten que los educandos identifiquen y traten de dar explicaciones a problemas de la vida cotidiana que tienen relación con lo estudiado. Se alimenta este interés exponiendo problemas distintos a los que se encuentran en las actividades de la propuesta. El trabajo cooperativo sigue dando frutos, las discusiones en el interior de los equipos se hacen con respeto aun existiendo puntos de vista diferentes. Todos los educandos aportan y las argumentaciones nacen del consenso. Se aprovechan las discusiones para evaluar el dominio que tienen los estudiantes sobre las ideas estudiadas con anterioridad, sobre todo las que tienen que ver con la composición corpuscular y discontinua de la materia (Fuente: diario reflexivo del maestro).”

Después de realizar la experimentación en esta situación problema, el educador interactúa con un equipo para dialogar sobre lo visto. Este diálogo se encuentra en la fuente documental VID_20191029_S3_01.

Profesor: bueno, teníamos tres recipientes. ¿Recuerdan?

Todos: uno con agua caliente, otros con agua tibia y otro con agua fría.

Profesor: ¿y en cuál las gotas se disolvían más rápido?

Santiago: donde estaba caliente.

Profesor: ¿Por qué creen que sucede esto?

Giovanny: se evapora más rápido.

Juan: se iba desplazando.

Profesor: ¿el vapor es el que disuelve?

Giovanny: tenía más espacios vacíos, porque al calentarse el agua va botando el vapor.

Profesor: a ver una pregunta, si yo comparo el recipiente que contiene agua fría y el que contiene agua caliente, ¿se comportan las partículas de la misma forma?

Juan: no, las que están a mayor temperatura se mueven más rápido.

Profesor: bueno, entonces quiero que pensemos sobre este asunto y sobre las ideas que ya hemos estudiado, en la siguiente clase ustedes deben dar una posible explicación a la situación planteada. ¿Cuál es el problema que deben solucionar?

Santiago: ¿por qué el agua se disuelve más rápido en el recipiente con agua caliente?

Profesor: ok.

Fuente: video de una clase realizada durante la implementación de la propuesta.

Queda claro pues, la intencionalidad de proponer situaciones problemas que no están dentro de las actividades originales del ciclo de aprendizaje. En este caso, puntualmente, se percibe que el maestro quiere que los estudiantes ahonden en las ideas estudiadas con anterioridad, por eso el problema queda abierto y se les da tiempo a los estudiantes para que piensen en lo que se les ha planteado.

7.1.2 El ABP posibilita hacer seguimiento a la evolución del conocimiento de los estudiantes respecto a un contenido

Una de las principales preocupaciones de todo docente es reconocer los avances que sus alumnos muestran con respecto a los contenidos que se les enseña. Para esto, es importante realizar un seguimiento regular al proceso de aprendizaje de los estudiantes, con el propósito de tomar decisiones pedagógicas que permitan a estos alcanzar las metas de aprendizaje propuestas. En este sentido, la orientación del ABP resulta muy conveniente puesto que constantemente abre espacios de discusión entre los pares académicos (estudiantes) y entre éstos y el maestro. Dichos espacios favorecen la interacción entre los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje y posibilitan al educador monitorear de forma constante la evolución de los saberes de sus educandos.

Los espacios de discusión mencionados, permiten identificar tres categorías que dan al maestro la oportunidad de realizar un seguimiento permanente a la evolución de los conocimientos de los estudiantes sobre el fenómeno de la discontinuidad de la materia. En orden descendente de generalidad, se pueden citar, la relación entre los nuevos conocimientos y las ideas estudiadas con anterioridad haciendo buen uso del lenguaje científico, el aumento del nivel de complejidad en las representaciones semióticas usadas por los educandos y la transferencia del modelo corpuscular y discontinuo de la materia usando los niveles de representación de la química. Estas categorías halladas en este estudio ayudan al docente a identificar los niveles de comprensión del modelo corpuscular y discontinuo de la materia, haciendo posible que éste identifique las fortalezas y dificultades que presentan cada uno de sus estudiantes, para intervenir pedagógicamente en el aula de tal forma que la comprensión de dicho modelo sea alcanzado por la mayor cantidad de alumnos posible.

En consecuencia, el análisis de estas tres categorías da validez a esta generalización inductiva. Por esta razón, es indispensable iniciar la reflexión de la primera categoría relacionada a esta teoría, la cual se ha descrito como la relación entre los nuevos conocimientos y las ideas estudiadas con anterioridad haciendo buen uso del lenguaje científico. Para cualquier educador, es bien sabido que si los alumnos comprenden un contenido específico, es porque han relacionado esas nuevas ideas con modelos mentales que han logrado construir en experiencias pasadas a través de la interacción con otros. Así pues, el hecho de que un

estudiante incorpore nueva información requiere que tenga un marco teórico que sustente ese nuevo saber, por tanto, comprender una teoría científica implica necesariamente que se le encuentre relación con otras teorías que han sido previamente estudiadas. Dicho proceso, está acompañado por un aumento del vocabulario científico, el cual, refleja de manera inequívoca, los avances que el alumno tiene respecto al dominio de ese nuevo conocimiento.

La situación descrita en el párrafo anterior, se ve reflejada en este estudio al observar la manera como los estudiantes se apropian del modelo corpuscular de la materia y lo utilizan en la explicación del comportamiento de las sustancias en los distintos estados de agregación. De esta manera, pasan de usar argumentaciones sustentadas en las propiedades macroscópicas de las sustancias a analizar cada estado de agregación bajo la teoría cinética de la materia, lo que posibilita concluir que ese nuevo conocimiento (modelo corpuscular y discontinuo de la materia) se relaciona con unos saberes construidos anteriormente respecto a los estados de la materia y permite a los estudiantes apropiarse de un vocabulario científico con el cual pueden hacer explícitas dichas relaciones.

Validando los presupuestos anteriores la Figura 2 muestra como un equipo de estudiantes representa gráficamente la evaporación del agua. Allí es posible inferir que el modelo discontinuo de la materia es usado para detallar las diferencias entre los sistemas líquido y gaseoso. Esta viñeta se tomó de la fuente documental IMG_20191029_S3_01.

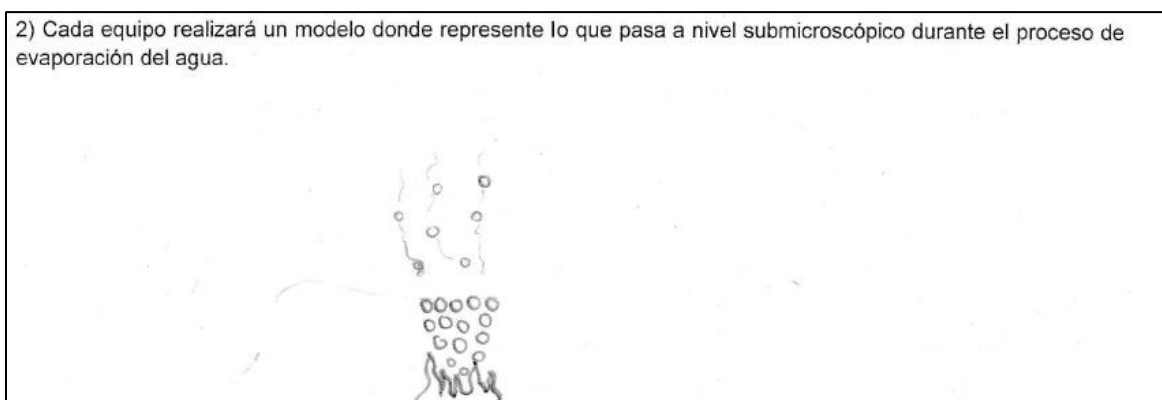


Figura 2. Utilización del modelo corpuscular y discontinuo de la materia para representar el proceso de evaporación del agua. (Actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta).

En coherencia con la anterior figura se expone la figura 3 donde la explicación se hace de forma escrita, allí es posible notar que los estudiantes analizan las diferencias entre los sistemas líquido y gaseoso apoyándose en los postulados de la teoría cinética y usando un buen lenguaje científico teniendo en cuenta que son alumnos de grado 7. La figura 3 hace parte de la fuente documental IMG_20191029_S3_01.

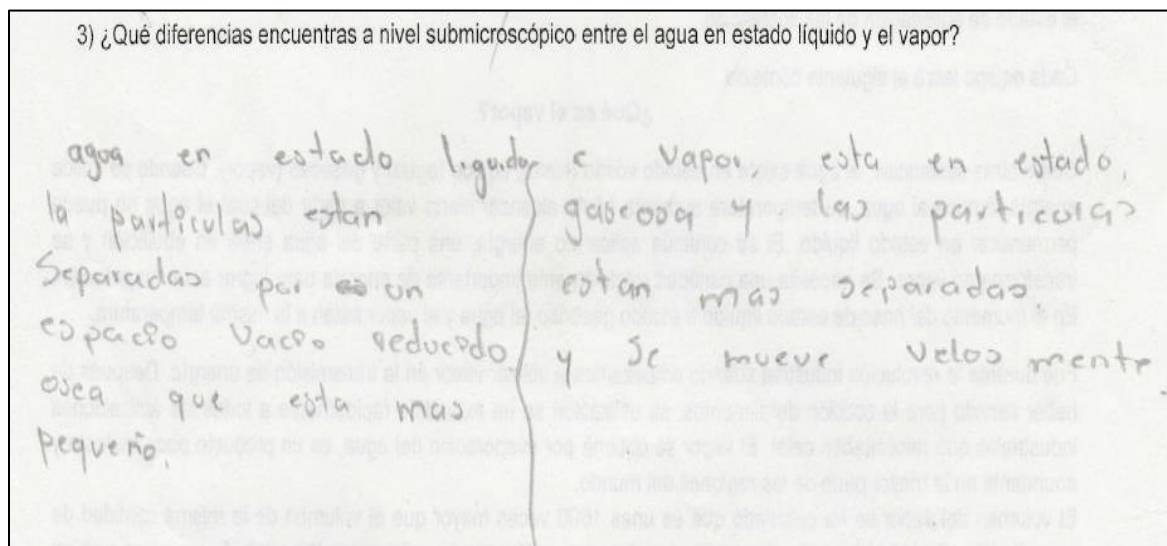


Figura 3. Respuesta de un equipo de estudiantes donde se percibe el uso de la teoría cinética de la materia. (Actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta).

Otra categoría que sustenta la teoría de que el ABP posibilita hacer seguimiento a la evolución del conocimiento de los estudiantes respecto a un contenido, es la que se refiere al paulatino aumento del nivel de complejidad en las representaciones semióticas que los alumnos utilizan. Este proceso de complejización de las argumentaciones está relacionado con la comprensión del núcleo conceptual, lo que requiere la adquisición de un modelo científico cada vez más estructurado. Por tanto, el seguimiento y análisis que el docente haga a dichas representaciones, es un referente fiable a la hora de medir los avances cognitivos de los educandos. En consecuencia, la orientación del ABP, amén de todos los espacios de discusión que fomenta, posibilita al maestro rastrear la manera cómo evolucionan los modelos mentales internos del educando cuando este los expresa a través de las diferentes representaciones

semióticas, información que resulta muy importante para la toma de decisiones curriculares por parte del educador.

Lo expresado hasta aquí puede verse representado en las siguientes viñetas. En la primera aparece la reflexión del docente en las primeras actividades que configuraron la propuesta.

“Se percibe un progreso en los argumentos usados por los estudiantes, aunque a veces se utilizan conceptos o ideas en contextos inadecuados. Se ha notado que las argumentaciones verbales son mucho mejor sustentadas que las escritas, las cuales suelen ser muy cortas y poco aclaratorias (fuente: diario reflexivo del maestro)”.

En la viñeta siguiente aparece la reflexión hecha por el educador cuando la propuesta estaba a punto de concluir. La comparación entre estas viñetas demuestra el avance que el maestro percibe en las argumentaciones científicas de sus estudiantes.

“Las argumentaciones que hacen los equipos de estudiantes siguen ganando peso científico, se tienen en cuenta los contenidos estudiados con anterioridad. Las explicaciones verbales siguen siendo más completas que las escritas (fuente: diario reflexivo del maestro)”.

Reforzando lo anterior, se muestra una representación gráfica donde se nota que los estudiantes utilizan la teoría cinética de la materia para explicar la distribución de las partículas de un perfume dentro de una habitación, allí es inevitable percibir que éstos relacionan el concepto de mezcla homogénea con la nueva teoría estudiada, lo que implica un aumento del nivel de complejidad en sus modelos mentales. La figura 4 se toma de la fuente documental IMG_20191015_S2_01.

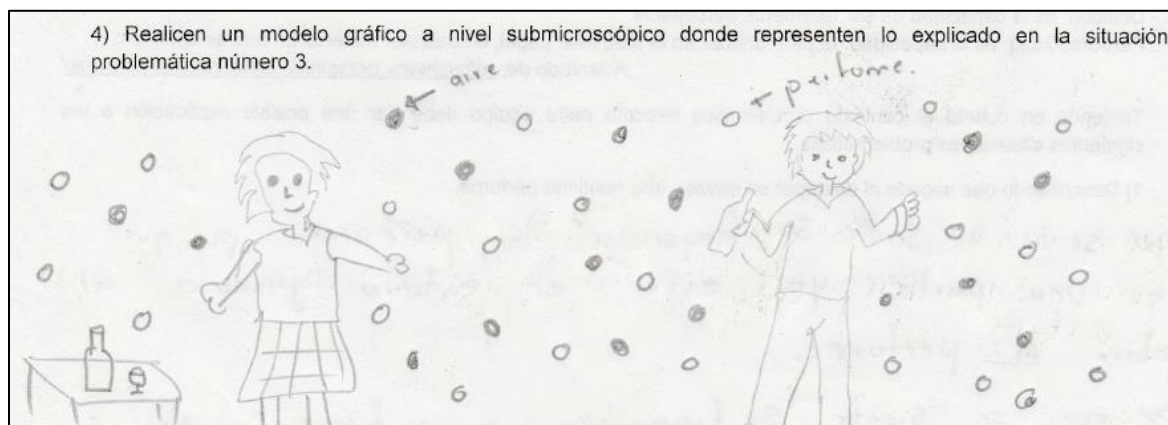


Figura 4. Representación gráfica de la distribución de partículas de perfume en el aire. (Actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta).

La tercera categoría que da validez a esta generalización naturalística tiene que ver con la transferencia del modelo corpuscular y discontinuo de la materia usando los niveles de representación de la química. El uso adecuado de dicho pensamiento multinivel representa para los estudiantes un cambio en el modelo mental, pasando así de una visión de materia basada en los aspectos macroscópicos, construida a partir de las percepciones sensoriales a un modelo en el que integran adecuadamente los niveles de representación de la química (macroscópico, simbólico y sub-microscópico). En consecuencia, la capacidad para representar el modelo discontinuo de la materia en estos niveles, se hace cada vez más perceptible en las argumentaciones de los estudiantes a medida que la propuesta del ABP se desarrolla. Esta evolución del modelo de materia, permite a los estudiantes transferir esta teoría a otros contextos, construyendo así un pensamiento más complejo que posibilita relacionar el modelo de materia con otras teorías científicas favoreciendo así una comprensión más significativa de los contenidos estudiados.

En este orden de ideas, la orientación basada en problemas (ABP), permite al docente hacer un seguimiento permanente a la manera cómo evolucionan de manera progresiva las concepciones de los estudiantes respecto al modelo discontinuo de la materia, percibiendo si hay uso de los tres niveles de representación de la química. En consecuencia, los espacios de discusión, las actividades desarrolladas a partir de situaciones problema, el trabajo cooperativo, las representaciones gráficas, las entrevistas y las pruebas escritas, aportan suficiente información al maestro para descubrir el uso de distintos tipos de representación semiótica por

parte de los estudiantes. Dichas representaciones dan pistas acerca del nivel de comprensión que los alumnos alcanzan respecto del fenómeno de la discontinuidad de la materia, lo que se ve reflejado en la capacidad para transferir dicho modelo a contextos diferentes.

Como prueba de lo que se acaba de describir, se muestra la figura 5, en la cual un equipo de estudiantes utiliza el modelo discontinuo de la materia para explicar cómo respiran los peces, en un evidente ejemplo de transferencia didáctica. La figura 5 fue extraída de la fuente documental IMG_20191004_S1_03.

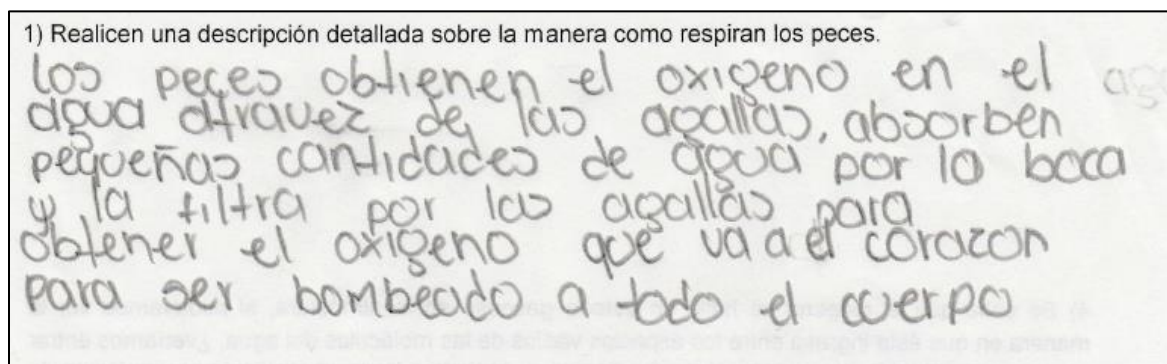


Figura 5. Representación semiótica donde se percibe la transferencia didáctica del modelo corpuscular y discontinuo de la materia (Actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta).

En la figura 6 se puede observar como un equipo de estudiantes construye su explicación usando la teoría cinética de la materia y los niveles de representación de la química, evidenciando un claro aumento en el nivel de complejidad de sus argumentos. La figura 6 fue tomada de la fuente documental IMG_20191024_S2_03.

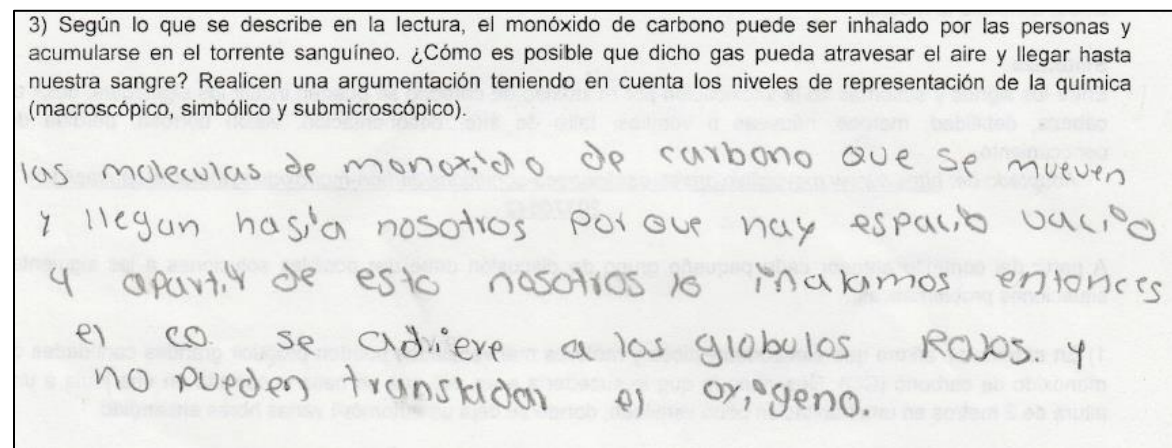


Figura 6. Representación semiótica que muestra una mejor argumentación científica en las respuestas de los estudiantes.

De forma similar, se puede aportar como fundamento de esta teoría, los resultados obtenidos por los estudiantes durante el pretest y el postest respecto a la pregunta número 10 (Anexo 1), la cual busca evidencias sobre la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia por parte de los estudiantes. Para lograr esto, se enfrenta al grupo de estudiantes a una situación problema, donde deben dar una posible explicación de la razón por la cual las llantas de autos y bicicletas, pierden aire al dejar de usarlas.

Para esta pregunta la ganancia de aprendizaje de Hake es de 0,67 (Tabla 1); y es vale la pena anotar que los porcentajes de alumnos que seleccionan el distractor B, que es la respuesta correcta, pasa del 21 % en el pretest a un 73,7 % en el postest, lo que implica que un 52,7 % de estudiantes que en primera instancia habían escogido otra opción, al final se deciden por el distractor adecuado. Esto permite inferir que casi 3 de cada 4 estudiantes, piensan que la razón por la que se desinflan las llantas tiene su origen en la naturaleza corpuscular y discontinua del aire y en la ausencia de fuerzas de atracción entre las partículas de dicha sustancia. Estos resultados evidencian que el modelo de la materia se ha modificado en la mayoría de los estudiantes desde una visión basada en las percepciones macroscópicas hacia un modelo mucho más cercano al propuesto por la ciencia.

7.1.3 El ABP informa los razonamientos y acciones pedagógicas del profesor con el fin de identificar los modelos alternativos de los estudiantes

Para un docente de química, que además del saber conceptual domine el saber pedagógico del contenido, resulta muy importante identificar las ideas y los modelos alternativos que sus estudiantes usan para la explicación de los fenómenos naturales, ya que esto favorece la reflexión y guía los razonamientos y acciones pedagógicas que el maestro ejecuta dentro y fuera del aula. En este sentido, es muy importante reconocer que acceder a esa información, requiere que el educador utilice distintas estrategias que faciliten descubrir los modelos mentales internos de los alumnos, haciéndolos explícitos a través del uso de diferentes representaciones semióticas, las cuales sirven al docente para comprender dichos modelos.

De lo dicho en el párrafo anterior, queda claro pues, que la sustentación de esta teoría naturalística implica el análisis de tres categorías a saber: la orientación pedagógica basada en la teoría de la cognición situada, el uso de modelos alternativos y sintéticos de la naturaleza de la materia y la explicación de fenómenos usando ideas alternativas sobre las partículas. La relación existente entre dichas categorías, brinda nuevas luces sobre la posible solución al problema de cómo la orientación de enseñanza del ABP, ayuda a mejorar la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia en estudiantes de séptimo grado.

Así pues, en primer término, se puede afirmar que la orientación del ABP que se sustenta en la teoría del aprendizaje situado, favorece el crecimiento cognitivo de los estudiantes, ya que la construcción de conocimiento exige que los alumnos sean protagonistas activos. En este sentido, se percibe que el trabajo cooperativo cuyo referente teórico es la cognición situada, aporta mucho al proceso de enseñanza-aprendizaje, puesto que las discusiones enriquecen los puntos de vista de los estudiantes y les permite comprender mejor los contenidos, este hecho no se da usualmente en las clases de orientación transmisionista. De igual forma, el uso de una orientación de enseñanza centrada en los estudiantes permite que estos construyan saberes más significativos, puesto que, hallar soluciones a situaciones problema del contexto, implica reflexionar sobre el propio conocimiento y permite reevaluar constantemente las ideas. Lo anterior, se ve reforzado al aplicar de manera simultánea la teoría de la cognición distribuida, puesto que al enfrentarse a un problema escolar es mejor que el alumno lo haga en compañía de otros pares, la razón radica en que al haber varios pensando en la misma situación, se

tienen diferentes visiones de la realidad lo que permite observar con más detenimiento y proponer muchas posibles soluciones.

De forma similar, resulta de gran trascendencia el uso de contextos conocidos por el estudiante, ya que las situaciones problema planteadas así, son mucho más llamativas para los educandos y pueden ser recordadas por estos con facilidad. Estos aspectos hacen que el estudiante invierta mayor cantidad de tiempo en la solución de tales problemas, usando incluso, tiempo y espacio extracurriculares en la búsqueda y procesamiento de información con el propósito de enfrentar la situación que se les plantea. Este descubrimiento es un punto más a favor de la orientación de enseñanza basada en el ABP, puesto que es un ejemplo de que esta estrategia constructivista permite que los alumnos aprendan significativamente, generando una motivación intrínseca, que redundará en la búsqueda de soluciones a problemas de la cotidianidad, que se convierten en un reto para su propio saber.

Como apoyo de los anteriores presupuestos se presenta la siguiente viñeta, la cual es un fragmento de la entrevista hecha a una estudiante del grado 7 donde se llevó a cabo la propuesta de enseñanza. La entrevista se halla en la fuente documental nominada como ENT_20191130.

Investigador: *¿qué piensas acerca del ciclo de aprendizaje sobre el fenómeno de la discontinuidad de la materia a través de la orientación basada en problemas?*

Estudiante: *es interesante ya que allí se habló sobre partículas, no sabía que las partículas se movían y todos los fenómenos que hay, yo no tenía ni idea que pasaban. Y, además, también, hay cosas que uno no sabía y que uno va aprendiendo y cada vez se vuelve más interesante.*

Investigador: *¿Qué diferencias encuentras este ciclo de aprendizaje y las clases normales?*

Estudiante: *que, las diferencias... que las clases normales no hablamos tanto de partículas, moléculas y además de muchas cosas que ahí se hablan sobre las fuerzas de atracción y todo eso.*

Investigador: *¿Qué te permitió comprender las situaciones problema que se plantearon a lo largo de este ciclo de aprendizaje? O sea, siempre trabajamos con una serie de situaciones problema, ¿esas situaciones te permitieron comprender las ideas o postulados de la teoría cinética de la materia?*

Estudiante: sí señor, porque algunas sobre las preguntas eran muy fáciles otras no. Pero entre ellas había una gran asimilación entre la una y la otra y así uno de una podía complementar la otra.

Investigador: ¿Cómo te pareció el trabajo cooperativo? ¿Crees que ese trabajo en equipo fue importante?

Estudiante: pues muy bien. Uno puede saber qué es lo que piensa el otro y ahí hay un debate entre un grupo, cada uno dice una cosa y otro dice otra hasta que nos ponemos de acuerdo. Uno colocaba una idea y luego los demás ayudaban a complementar, pues uno decía algo y el otro complementaba esa idea y así podíamos resolver las preguntas más... más argumentadas.

Investigador: Cuando se trabaja en equipo, ¿piensas que se comprenden mejor las cosas?

Estudiante: pues a veces sí a veces no. Otro le puede explicar a uno, pero a veces se forma un debate uno dice una cosa, otro dice otra cosa y otra y otra cosa. Entonces un problema puede quedar mucho tiempo para responderse. Y a veces sí porque uno puede estar resolviendo una pregunta y el otro también le ayuda.

Investigador: ¿cuál es la situación problema que más recuerdas?

Estudiante: ¿Por qué las partículas se mueven con el calor?

Investigador: ¿y eso se comprobó en el aula de clases?

Estudiante: sí, con una experimentación. Se colocó un tarro con una bombita arriba y la sellaron para que no se fuera a soltar y abajo le colocaron una vela a cierta distancia para que no se fuera a quemar. Allí observamos que el aire salía del tarro y subía, y hacia que la bombita se inflara.

Fuente: entrevista a estudiantes.

La siguiente viñeta es también prueba de lo propuesto en esta teoría naturalística. La viñeta es un fragmento del diario del maestro:

“Las situaciones problema contextualizadas permiten que los educandos identifiquen y traten de dar explicaciones a problemas de la vida cotidiana que tienen relación con lo estudiado. Se alimenta este interés exponiendo problemas distintos a los que se encuentran en las actividades de la propuesta. El trabajo cooperativo sigue dando frutos, las discusiones en el interior de los equipos se hacen con respeto aun existiendo puntos de vista diferentes. Todos los

educandos aportan y las argumentaciones nacen del consenso. Se aprovechan las discusiones para evaluar el dominio que tienen los estudiantes sobre las ideas estudiadas con anterioridad, sobre todo las que tienen que ver con la composición corpuscular y discontinua de la materia (Fuente: diario reflexivo del maestro).”

En segundo término, es necesario analizar la categoría denominada uso de modelos alternativos y sintéticos de la naturaleza de la materia, la cual brinda información muy relevante al docente a la hora de hacer las reflexiones en y sobre la acción. En consecuencia, tener muchas fuentes documentales que permitan evidenciar estos modelos de los estudiantes, favorecerá la toma adecuada de decisiones pedagógicas.

Es claro entonces, que situar el proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes es el primer paso para poder identificar los modelos alternativos que estos poseen en referencia a la naturaleza de la materia. Este primer paso, permite tener un punto de partida para reflexionar acerca de cómo evolucionan dichos modelos mentales, pudiendo así, reconocer cuando haya movilización de estas representaciones mentales, pasando por modelos sintéticos¹, en los cuales se mezclan los modelos alternativos con ideas de la teoría científica. Dichas representaciones sintéticas, pueden, amén de una orientación pedagógica adecuada, aproximarse de forma progresiva a los modelos planteados por la ciencia.

En concordancia con lo anterior, este estudio ayuda a evidenciar en conjunción con los razonamientos y acciones pedagógicas del profesor, la eficacia de la orientación del ABP para sondear los avances cognitivos de los estudiantes respecto a la naturaleza corpuscular y discontinua de la materia. Así pues, en muchas fuentes documentales es posible percibir cómo los modelos alternativos y sintéticos han ido paulatinamente evolucionando hacia el modelo científico que representa la discontinuidad de la materia. Dicho proceso implica observar las distintas representaciones semióticas de los estudiantes, analizando aspectos tales como el aumento de la participación de estos en las discusiones dentro de los equipos, la comparación

¹ Los modelos sintéticos se refieren a una mezcla entre las ideas alternativas de los estudiantes y los modelos científicos que estos estudian. En dicho proceso, las ideas previas de los estudiantes se enriquecen con la nueva información obtenida en el ámbito escolar, pero, sin llegar a representar el modelo científico aceptado (Martí, 2013).

entre las representaciones gráficas al inicio y al final de la propuesta, las entrevistas con estudiantes, el diario del maestro, la dinámica de cada uno de los equipos, etc. Todas estas fuentes apuntan a demostrar que el uso de las teorías del aprendizaje de la cognición situada y la cognición distribuida en la solución de situaciones problemáticas favorece el seguimiento a la evolución de los modelos mentales que los alumnos usan, teniendo así la posibilidad de tomar decisiones pedagógicas en pro de lograr que los estudiantes construyan un aprendizaje significativo.

Para corroborar los anteriores presupuestos obsérvese la Figura 7, tomada de la fuente documental nominada como IMG_20191004_S1_03. Allí los estudiantes representan en el nivel submicroscópico moléculas de oxígeno y agua; notándose por un lado, que tienen consciencia de que entre las partículas hay espacios vacíos, pero, por otro lado, usan color azul para llenar los espacios entre las moléculas, lo que se puede interpretar como un modelo continuo de materia, es decir, que han hecho explícito un modelo sintético, donde se combinan ideas alternativas con ideas científicas. Aquí, se hace evidente la importancia de proponer a los educandos este tipo de actividades que resultan de una riqueza pedagógica invaluable. Por ejemplo, en este caso, cuando el maestro observa la imagen inicia un diálogo con el equipo (debido a la extensión del mismo no es posible transcribirlo) y a través del método socrático consigue que los estudiantes reflexionen sobre dicha representación y que la analicen teniendo en cuenta los tres niveles de representación de la química.

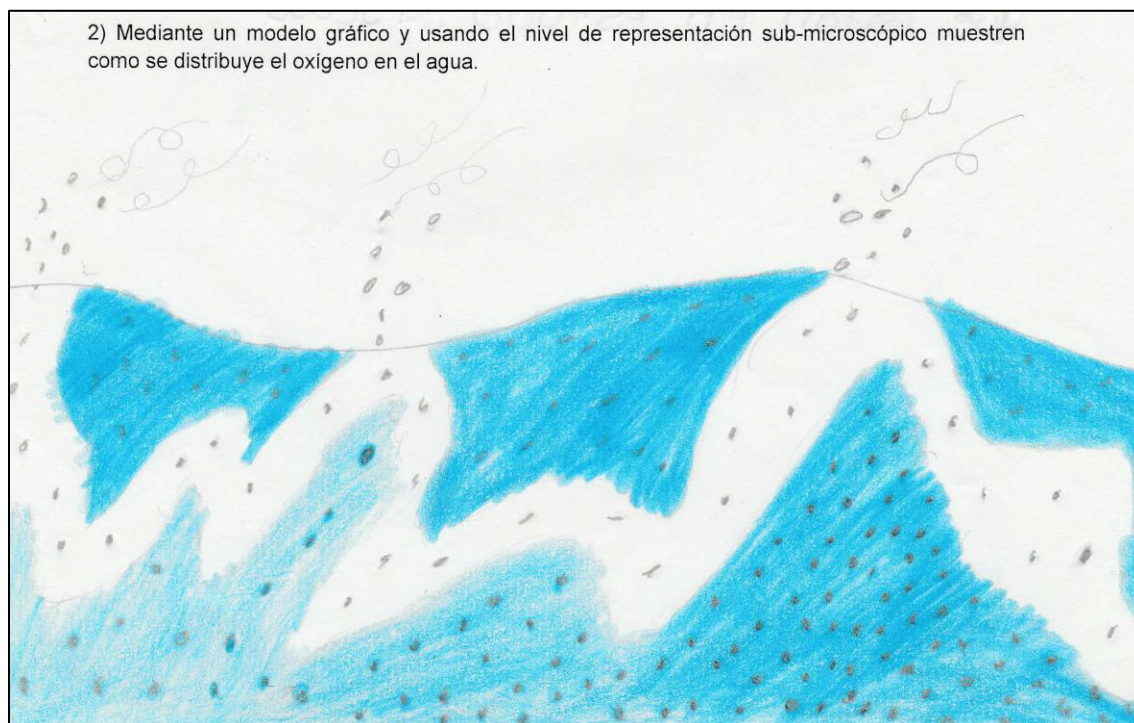


Figura 7. Representación gráfica de un modelo sintético de la materia.

Como se ha dicho anteriormente es posible percibir la evolución de los modelos mentales de los estudiantes, al comparar las representaciones semióticas de estos en distintos momentos de la implementación de la propuesta del ABP. Para evidenciar esto se presenta la figura 8, que es una imagen escaneada de la fuente nombrada como IMG_20191029_S3_01. En ella es factible notar que el equipo de estudiantes perciben el agua como formada por partículas discretas sin color, lo que indica un avance respecto al equipo que modela la figura 7, teniendo en cuenta que la segunda imagen se desarrolla en forma posterior, es decir con un conocimiento mejor estructurado. De forma similar, representa una evolución del modelo mental de los estudiantes la capacidad para representar el aire como una mezcla homogénea, lo que implica reconocer que las moléculas de agua en estado gaseoso tienen libertad para moverse a través de los espacios vacíos que hay entre las partículas del aire, es decir, este modelo está más cercano al teorizado por la ciencia.

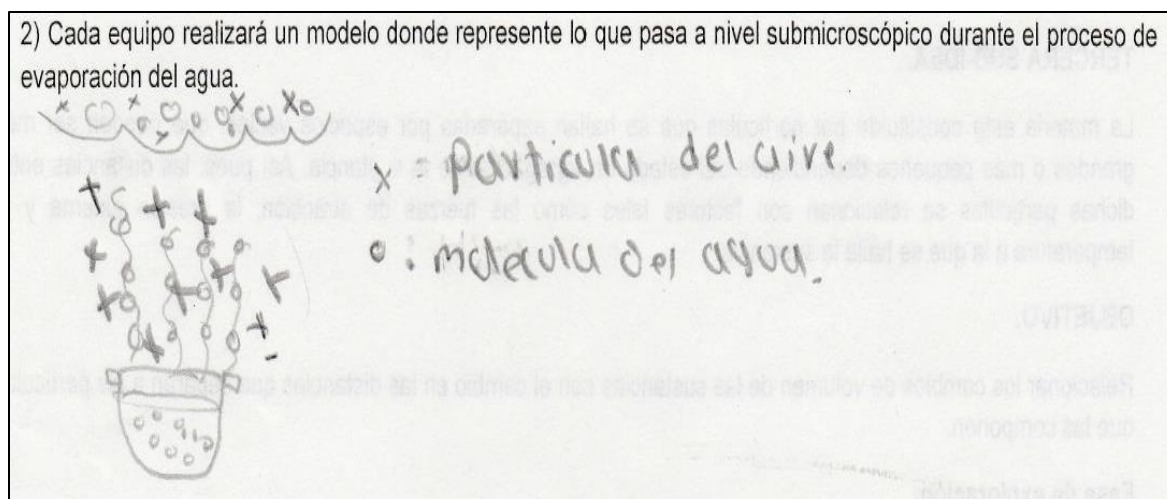


Figura 8. Representación gráfica a nivel submicroscópico de la evaporación del agua.

En tercer término, es indispensable analizar qué efecto pedagógico tiene la implementación de la propuesta del ABP en la enseñanza del modelo discontinuo de la materia, con respecto al uso de las ideas alternativas sobre las partículas en la explicación de fenómenos relacionados. En este orden de ideas, la observación no participante posibilita al investigador identificar en este estudio distintas ideas alternativas sobre las partículas que utilizan los educandos, entre las que se destacan las animistas (con propiedades de ser vivo), y las que son producto de asignar propiedades del mundo macroscópico a estas (aumento o disminución del tamaño, cambios de estado, “desapariciones”, color, etc.). Estas ideas aparecen plasmadas en distintas fuentes documentales a saber: actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta del ABP, videos de clases donde el docente utiliza el método socrático, las discusiones que se presentan en los equipos de estudiantes, los resultados cuantitativos de la prueba escrita usada como pretest y postest.

En consecuencia, resulta de gran importancia reflexionar sobre cómo evolucionan las ideas alternativas de los alumnos respecto a las partículas, al comparar diferentes momentos de implementación de la propuesta del ABP. En este sentido, en el diario del maestro se detalla que, si bien el uso de ideas alternativas con respecto a las partículas se evidencia durante toda la implementación de la propuesta, es notable la disminución de argumentaciones basadas en tales ideas al finalizar la propuesta, dando paso a explicaciones apoyadas en los postulados de la teoría cinética de la materia y teniendo en cuenta los tres niveles de representación de la química (macroscópico, simbólico y sub-microscópico).

Para ejemplificar lo anterior, se citan dos fragmentos del diario del maestro. Este comentario lo redacta el profesor a mediados de la implementación de la estrategia del ABP.

“La idea de que la materia posee internamente espacios vacíos, es una idea que encuentra resistencia entre algunos estudiantes, los cuales no la usan de forma espontánea en la explicación de fenómenos relacionados. Sin embargo, el trabajo cooperativo permite que la construcción de dichas explicaciones se acerque más a la propuesta por la ciencia, los alumnos parecen aceptar cuando los compañeros tienen posturas mejor argumentadas (Fuente: diario reflexivo del maestro)”.

La siguiente reflexión la hace el maestro 30 días después del anterior. En él se evidencia que el docente toma consciencia de los avances cognitivos de los estudiantes respecto a la idea del vacío entre partículas.

“Se percibe que las ideas de que la materia está hecha de partículas y que entre estas hay espacios vacíos han ido ganando terreno y que su utilización de forma coherente se hace con mayor frecuencia (Fuente: diario del maestro)”.

Como apoyo a lo anterior, es menester comparar los resultados obtenidos por los estudiantes en la prueba escrita realizada al inicio y al final de la propuesta. Este proceso permite detallar de forma general qué tanta aceptación ha tenido entre los estudiantes los postulados de la teoría cinética de la materia. Esta comprensión de las suposiciones en que se basa el modelo cinético, es un paso necesario para aplicar dicha teoría en diferentes contextos, y supone un alejamiento de las ideas alternativas que el estudiante ha creado de experiencias anteriores. Por tanto, construir un modelo corpuscular y discontinuo de la materia implica para los estudiantes la evolución de sus ideas alternativas con respecto a este núcleo conceptual.

Así, por ejemplo, en esta investigación se percibe que la noción de la existencia de espacios vacíos entre las partículas, fue el postulado de la teoría cinética que comprenden en mayor proporción los estudiantes. Lo anterior, se basa en los resultados cuantitativos que obtienen los educandos en las preguntas 3 y 8 (donde se evalúa esta idea). Para el ítem 3 el índice de ganancia de aprendizaje de Hake calculado es de 0,91, notándose un incremento importante

en el porcentaje de estudiantes que marca la respuesta correcta en el postest (distractor C), pasando de 42,1 % en la prueba inicial a 94,7 % en la final. Para el caso de la pregunta 8, el índice de ganancia de aprendizaje de Hake calculado es de 0,88; que indica un nivel alto, siendo evidente el aumento del porcentaje de alumnos que escogieron la respuesta correcta (distractor C) en el postest, pasando de 10,5 a 89,5. Estos resultados cobran gran importancia debido a que, según la literatura especializada, la idea del espacio vacío entre partículas es una de las concepciones más difíciles de comprender por parte de los alumnos.

Por otra parte, el análisis de los resultados de las pruebas inicial y final, permite concluir que la idea que más dificultad presenta a los estudiantes en los que se ha implementa esta propuesta, es la que se relaciona con las fuerzas de atracción entre partículas (ítems 5 y 9). Para la pregunta 5, la respuesta correcta era el distractor B y pasa de ser la opción menos elegida en la prueba inicial (15,8 %), a ser la más seleccionada en la prueba final (52,6 %), sin embargo, el índice de ganancia de aprendizaje solo alcanza el 0,44, ubicándolo en el rango medio. Para el interrogante número 9, la ganancia de aprendizaje se calcula en 0,41, ubicándose en el rango medio, un valor muy similar al que presenta el ítem 5. El distractor C que es la respuesta acertada, tiene una evolución positiva al pasar de 10,5 % de estudiantes que lo marcan en el pretest a un 47,4 % durante el postest.

Los resultados cuantitativos reseñados aquí, indican de una manera general, cómo han evolucionado las ideas alternativas de los estudiantes hacia las suposiciones aceptadas por la ciencia respecto a la naturaleza corpuscular y discontinua de la materia. Lo que se nota es que la mayoría de alumnos acepta tales postulados, sin embargo, se hace evidente que algunas de esas ideas requieren mayor tiempo para ser asimiladas, por tanto, es responsabilidad del docente hacer una planeación adecuada teniendo en cuenta esta situación.

8 Conclusiones

La realización de esta propuesta de enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia a través de la estrategia del ABP, deja claro que, la planeación pedagógica de cualquier contenido científico a enseñar, es un prerequisite *sine qua non* para lograr que los estudiantes construyan un aprendizaje significativo. De este modo, la reflexión que realiza el maestro antes de las clases le permite anticiparse a muchas situaciones que probablemente debe enfrentar en el aula. En consecuencia, instrumentos como la CoRe cobran una importancia invaluable en dicho proceso, puesto que fundamentan pedagógicamente al educador acerca de muchos de los aspectos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje de un contenido específico.

En suma, la CoRe permite reflexionar acerca de la importancia de las acciones de los maestros, favoreciendo la visión del proceso de enseñanza como una relación sinérgica entre distintos factores. Por esta razón, el análisis que se hace al construir dicho instrumento metodológico, llena de argumentos al profesor a la hora de tomar decisiones pedagógicas. Así, el hecho de reconocer qué aspectos e ideas de una teoría científica son verdaderamente relevantes para los estudiantes, qué ideas alternativas son las más recurrentes en los alumnos respecto a esa teoría y reconocer otros elementos que impactan directamente sobre la enseñanza, ayudan al maestro a escoger estrategias pedagógicas a la luz de dicha reflexión, que por tanto, tendrán en cuenta todos estos factores. Por consiguiente, el contenido específico en mención, puede ser enseñado teniendo en cuenta una coherencia intra e intercurricular, permitiendo que el estudiante pueda relacionarlo con contenidos vistos con anterioridad a la vez de fundamentar los conocimientos que pueda construir más adelante.

Con respecto a la implementación de la orientación del Aprendizaje Basado en Problemas a la enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia, se puede concluir que cuenta con

muchas fortalezas, las cuales enriquecen de manera notable el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por un lado, brindan al maestro la posibilidad de hacer un seguimiento permanente y adecuado a la evolución cognitiva de sus estudiantes respecto al núcleo conceptual de la naturaleza corpuscular y discontinua de la materia. Esta observación continua de los modelos mentales con que los estudiantes representan la materia, favorece la toma de decisiones pedagógicas por parte del maestro, quien gracias a las situaciones problemáticas tiene a su disposición una gran cantidad de información recolectada a través de las representaciones semióticas que los estudiantes utilizan al buscar posibles soluciones a dichos problemas. Así pues, el docente sabe en cada fase de la implementación de la propuesta, qué tan desarrollados están los modelos mentales de los estudiantes y puede a la luz de las metas de aprendizaje orientar de una forma adecuada a los alumnos, con el propósito de que estos logren construir un conocimiento significativo sobre el núcleo conceptual de la naturaleza discontinua de la materia.

Muchas de las ventajas que tiene el ABP para la enseñanza del modelo discontinuo de la materia, se hacen evidentes en distintas fuentes documentales, siendo una de las principales el diario reflexivo del maestro. En este, el docente detalla de forma específica los hallazgos relacionados con el uso de ideas y modelos alternativos acerca de dicho contenido. Dando cuenta así de la evolución de estas representaciones, las cuales se convierten en modelos sintéticos, para luego de manera paulatina movilizarse hacia las teorías con validez científica respecto a dicho contenido. De una forma similar, la CoRe y los videos de clase posibilitan identificar estrategias que usa el docente para lograr que los alumnos alcancen un aprendizaje significativo a través de intervenciones *in situ* a partir de una buena planificación, de tal manera, que las estrategias de clase tales como, el método socrático, la discusión en equipos y el uso de situaciones problemáticas diferentes a las propuestas inicialmente, tienen una sustentación pedagógica que permite complementar de manera efectiva la propuesta del ABP.

Por otro lado, la orientación de enseñanza del ABP favorece la apropiación de una cultura científica por parte de los educandos, puesto que se centra en el estudiante, lo que propicia el desarrollo de una visión mucho más realista de la ciencia. En efecto, el trabajo cooperativo, la resolución de situaciones problema del contexto, los espacios de discusión en el aula, el uso de métodos científicos, la necesidad de replantear las hipótesis, entre otros, ayudan a los alumnos a formarse una idea más cercana acerca de cómo se construye la ciencia, permitiendo

entenderla como una empresa cultural, fortalecida por los errores, con aplicación en la vida cotidiana y que puede hacerse en cualquier sitio, siempre y cuando haya motivación. Esta visión de ciencia implica para el estudiante un cambio en la forma de abordar las clases, ya que el conocer los procesos de construcción de esta, redundará en una mejor disposición para aprender los contenidos conceptuales.

Dentro de las dificultades que se perciben durante la investigación, se pueden anotar la falta de conectividad digital de la institución educativa donde se lleva a cabo la implementación de la propuesta, esta carencia limita el flujo de información hacia los estudiantes, lo que conlleva a que gran parte de las consultas deban realizarse en las casas. Lo anterior, impide a aquellos alumnos que habitan en sitios fuera de la población realizar este tipo de consultas, por tanto, deben esperar a que sus compañeros les presten el material que descargan de la web, en este sentido, no participan permanentemente en la selección de las fuentes de información, paso que es esencial en la formación en ciencias. Así mismo, el trabajo del docente resulta limitado pues no puede utilizar una gran cantidad de recursos digitales on-line que pueden ayudar a la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia. De forma similar, el no contar con un espacio físico destinado al laboratorio y la falta de insumos para el trabajo en el mismo, hace que los trabajos experimentales deban ser hechos dentro del aula, con toda la incomodidad que esto trae. Sumado a esto, se encuentra el hecho de que el gasto de todo el material necesario para llevar a cabo dichas demostraciones experimentales, recae sobre el maestro.

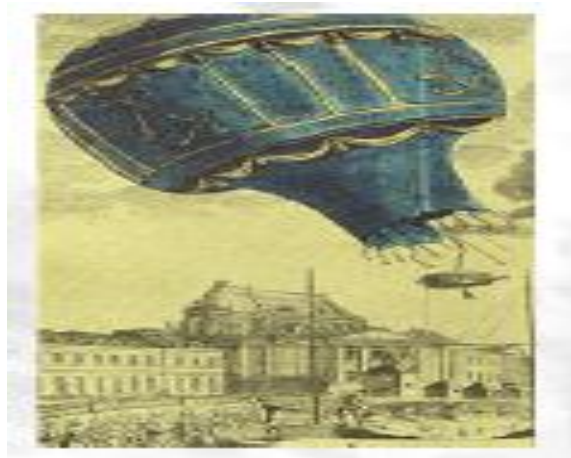
Con respecto a los estudios que se desarrollan en el campo de la educación en ciencias, en especial aquellas investigaciones centradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que se realizan bajo una metodología cualitativa o mixta, la estrategia del ABP es una orientación pedagógica pertinente, puesto que favorece la recolección de una gran cantidad de datos cualitativos. Por esta razón, si se busca comprender un fenómeno educativo particular de la manera más profunda posible, es indispensable recolectar la mayor cantidad de evidencia posible. Lo anterior, se puede lograr si se utiliza la orientación del Aprendizaje Basado en Problemas, la cual permite al investigador el acceso a una gran variedad de fuentes documentales que le posibilitan comprender mejor las acciones, interacciones, costumbres, suposiciones, etc. de los individuos que hacen parte del fenómeno estudiado.

Desde el punto de vista del investigador/profesor, este trabajo ha transformado la visión del proceso de enseñanza-aprendizaje, puesto que le ha permitido ser más reflexivo a la hora de observar el desarrollo de las clases. Esta nueva habilidad ha favorecido la capacidad para identificar, analizar y darles sentido a las interacciones que suceden de forma permanente en el aula de química. Esta manera de interpretar estas acciones refleja el cambio que se ha producido en el marco teórico del investigador/profesor, a partir del cual se visualiza el aula no solo como un lugar de construcción de conocimientos, sino como un laboratorio experimental donde se puede hacer investigación educativa de manera continua.

Por último, es necesario proponer algunos aspectos que pueden ser estudiados en investigaciones posteriores respecto al uso de la estrategia del ABP y de la enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia. Entre varios interrogantes nacidos del desarrollo de esta investigación, se pueden destacar: ¿Qué resultados se obtendrán al aplicar la orientación del ABP a un contenido específico durante varios grados? ¿Por qué la noción de vacío entre partículas obtuvo en este estudio un porcentaje de aceptación tan grande en los estudiantes? ¿Tiene que ver esto con el curso escogido o tiene que ver con la institución educativa?; ¿Impactará de igual forma esta propuesta de enseñanza del fenómeno de la discontinuidad de la materia mediada por el ABP, en estudiantes de zonas urbanas?

Anexo 1: Prueba escrita utilizada como pretest y postest, con el propósito de comparar la ganancia de aprendizaje.

Aprendiendo a volar.



“Hacia 1783, dos inventores franceses, los hermanos *Joseph y Jacques Montgolfier*, se fascinaron con la idea de volar y construyeron un vehículo volador que, en su honor, se conoció con el nombre de Mongolfiera. Este consistía en un globo muy grande hecho de lino y forrado de papel, que situado sobre un fuego que calentaba el aire, podía elevarse como consecuencia de la fuerza ejercida por el propio aire de abajo hacia arriba (Principio de Arquímedes).

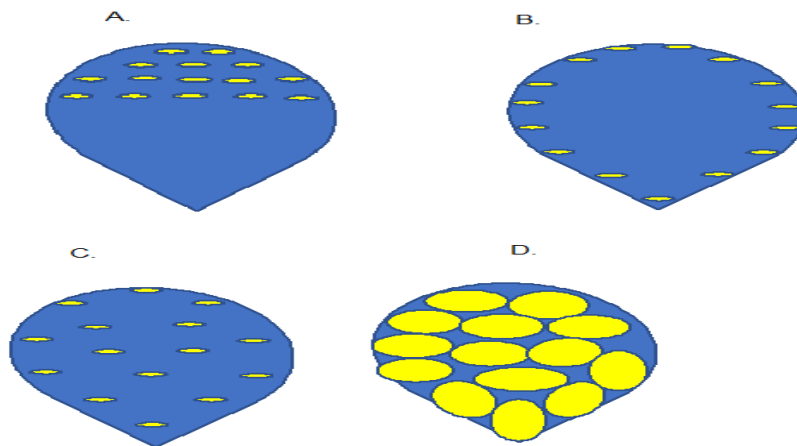
Hecho que fue demostrado públicamente el 4 de Junio de 1783 en Annonay, sin nadie a bordo. La noticia se esparció por Francia con gran entusiasmo. Dos meses más tarde un físico francés, *Alexandre César Charles*, construyó y logró volar un verdadero globo

aerostático, es decir, un globo lleno de un gas de menor densidad que el aire: el helio. Como este gas podía escapar fácilmente a través del forro del papel, el globo se construyó con una tela fina de seda recubierta de goma”.

(Rubio Moreno, 2006, p. 146).

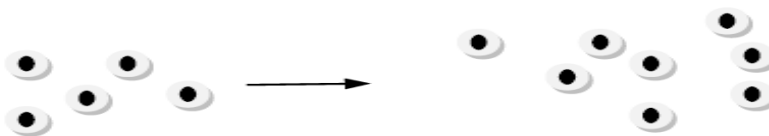
A partir del contexto descrito responde las siguientes situaciones problemáticas:

1) De la lectura se infiere que el globo aerostático hecho por el físico Charles se infló con Helio, sabiendo que el Helio es uno de los elementos de la tabla periódica, podríamos asegurar que una representación válida a nivel sub-microscópico de la distribución de los átomos de Helio en el globo sería:

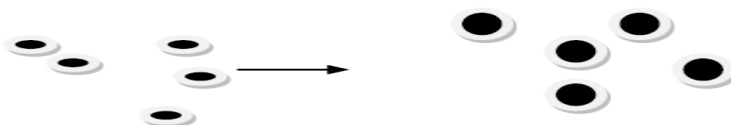


2) Cuando el aire que hay dentro del globo se calienta, comienza a ascender, ¿Cuál de los siguientes modelos representa mejor lo que le pasa a las partículas cuando se aumenta la temperatura del aire dentro del globo?

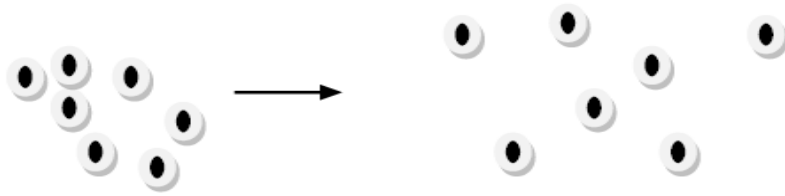
A. al calentar, aumenta el número de partículas.



B. al calentar, aumenta el tamaño de las partículas.



C. al calentar las partículas, aumenta la distancia entre ellas.

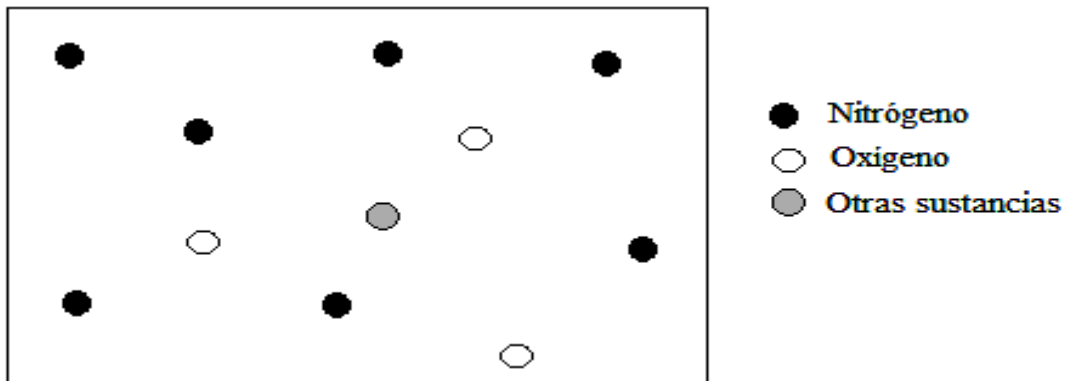


D. al calentar, algunas partículas desaparecen.



RESPONDE LAS SITUACIONES PROBLEMÁTICAS 3 A 5 DE ACUERDO A LA SIGUIENTE INFORMACION.

Como todos sabemos, a nuestro alrededor existe una mezcla de gases al que denominamos aire. Dicha mezcla, según nos dice la ciencia, está constituida por nitrógeno (78 %), oxígeno (21 %) y (1 %) de otras sustancias. El siguiente modelo muestra una representación del aire a nivel submicroscópico:



Adaptado de Martínez, 2016.

3) ¿Qué crees que hay entre las partículas que componen esta mezcla de gases?

- A. más partículas de aire.
- B. otros gases que lo rellenan todo.
- C. hay espacio vacío.
- D. una sustancia que lo rellena todo

4) ¿Cómo crees que estarán las partículas que forman el aire?

- A. siempre en movimiento.
- B. sólo se mueven cuando son agitadas por alguien.
- C. sólo se mueven si cambia la temperatura del lugar.
- D. en estado de reposo permanente.

5) Los globos usados en fiestas infantiles o que venden para el día del amor y la amistad, vienen en diversas formas (ovalados, en forma de corazón, alargados, etc.). Esta capacidad que tienen los gases de tomar diversas formas a temperatura ambiente los diferencia notablemente de los sólidos. La razón principal desde el punto de vista sub-microscópico para esta diferencia en el comportamiento de sólidos y gases radica en que

- A. las partículas de los gases cambian su forma y tamaño, mientras las partículas del sólido no.
- B. las partículas de los sólidos se atraen entre sí, mientras que las partículas del gas no.
- C. las partículas de los gases se mueven rápidamente, mientras las de los sólidos no.
- D. las partículas de los sólidos son “compactas”, mientras que las partículas de los gases no.

Cuidado en la pista.

“En las carreras automovilísticas algunas veces suceden accidentes, ellos son debidos entre otras cosas a la explosión de los neumáticos de las llantas que hacen perder al piloto el control del auto, como sucedió en el lamentable accidente de Ayrton Sena. Al iniciar la carrera cada neumático del auto es llenado con cierta cantidad de aire que se encuentra inicialmente a la temperatura ambiental. Estos autos viajan a altas velocidades y tienen un fuerte roce con la pista”.

(Rubio Moreno, 2006, p.162).

A partir de este contexto da solución a las siguientes situaciones problemáticas:

6) El rozamiento de los neumáticos contra la pista hace que el aire en el interior del neumático se caliente, durante este proceso se puede afirmar que

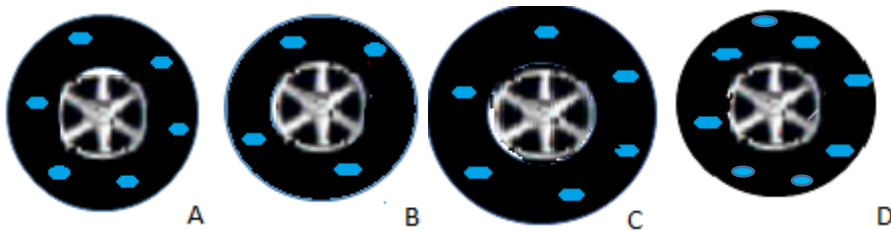
- A. las partículas de aire que hay dentro de la llanta se hinchan.
- B. aumenta la cantidad de partículas de aire que hay dentro de la llanta.
- C. las partículas en el interior se calientan y explotan.
- D. las partículas del aire en el interior del neumático se agitan violentamente.

PARA RESPONDER A LAS SITUACIONES PROBLEMÁTICAS 7 Y 8 TEN EN CUENTA LA SIGUIENTE INFORMACION.

El siguiente diagrama representa un modelo de las partículas de aire que hay dentro de un neumático que se encuentra a temperatura ambiente



7) ¿Cuál de los siguientes modelos representa lo que ocurre en el interior de los neumáticos cuando aumenta la velocidad del auto y el rozamiento de la llanta contra el pavimento?



8) ¿Qué crees que hay entre las partículas que se encuentran dentro del neumático?

- A. más partículas.

- B. aire que lo rellena todo.
- C. espacio vacío.
- D. partículas de gas.

9) Si se abre un orificio en un globo que contiene aire, se puede percibir que éste escapa rápidamente, sin embargo, si el globo contiene agua esta fluye a menor velocidad, por tanto, el globo se demora más en desinflarse. La explicación a esta diferencia radica en que

- A. las partículas del gas son más pequeñas que las partículas del líquido y por eso escapan más rápido.
- B. las partículas del gas pesan menos que las partículas del líquido y por eso escapan más rápido.
- C. las partículas del gas están menos atraídas por sus “vecinas” que las partículas del líquido y por eso escapan más rápido.
- D. las partículas del gas están en mayor desorden que las partículas del líquido y por eso escapan más rápido.

10) En general las llantas de los autos tienen la tendencia de desinflarse cuando se dejan largos periodos de tiempo sin usar. El hecho de que las llantas se desinflen poco a poco es evidencia de que:

- A. las partículas que componen el aire que hay dentro de las llantas disminuyen su tamaño.
- B. el aire está hecho de partículas las cuales se escapan poco a poco a través de la llanta.
- C. el aire que hay dentro de la llanta deja de ser materia al estar en reposo por largo tiempo.
- D. las partículas que hay dentro de la llanta se acumulan en un solo sitio de la llanta.

Bibliografía

Abadías, R. (2014). *Investigación sobre la importancia de combinar el método de enseñanza tradicional junto con el Aprendizaje Basado en Problemas en la asignatura de Física y Química en Secundaria* (Tesis de maestría). Universidad Internacional de la Rioja, España. Recuperado de:

<https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/2715/abadias%20irabia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Álvarez, C., San Fabián, J. L. (2012). La elección del estudio de caso en la investigación cualitativa. *Gazeta de Antropología*, 28(1). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10481/20644>

Arnal, J., Rincón, D. D., Latorre, A. (1992). *Investigación educativa: fundamentos y metodología*. Labor. Barcelona: Labor, 1992. ISBN 84-335-3725-3.

Benarroch, A. B. (2000). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. Enseñanza de las ciencias. *Investigación y experiencias didácticas*, 18(2): 235-246.

Benlloch, M. (1997). *Desarrollo cognitivo y teorías implícitas en el aprendizaje de las ciencias*. Visor. España.

Binda, N. U., Balbastre-Benavent, F. (2013). Investigación cuantitativa e investigación cualitativa: buscando las ventajas de las diferentes metodologías de investigación. *Ciencias económicas*, 31(2): 179-187.

Borras, I., (1999). Enseñanza y aprendizaje en la Internet: una aproximación crítica. Recuperado de: <http://www.didacticahistoria.com/tecedu/tecedud12htm>

Campanario, J. M., Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. Enseñanza de las ciencias. *Investigación y experiencias didácticas*, 17(2): 179-192.

Candela, B. F. & Viáfara, R. (2014). *Aprendiendo a enseñar química: la CoRe y las PaPeRs como instrumentos para identificar y desarrollar el CPC*. Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Carretero, M. (2000). *Constructivismo y educación*. Editorial Progreso. México.

Castañeda, J. A., Ramírez, H. C., Mesa, F. (2018). Determinación de la Ganancia en el Aprendizaje de La Cinemática Lineal Mediante el uso de Métodos Gráficos con Estudiantes de Ingeniería en la Universidad de Caldas. *Scientia et Technica*, 23(1): 103-107.

Cebreiro, B., Morante, M. F. (2004). Estudio de casos en F. Salvador Mata, JL Rodríguez Diéguez y A. Bolívar Botía, *Diccionario enciclopédico de didáctica*. Málaga, Aljibe.

Chang, R. (2002). *Universitario, W. Química*. Séptima edición. McGraw-Hill, México.

Congreso de Colombia (1991). *Constitución Política de la República de Colombia*. Revisada y actualizada. Bogotá: Leyer.

Congreso de Colombia (1994). Ley 115, Por la cual se expide la ley general de educación. Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf

Crespo, M. A. (1996). Ideas y dificultades en el aprendizaje de la química. *Alambique*: 1-4.

Crespo, Á. G. Pozo, J. I. (2000). Las teorías sobre la estructura de la materia: discontinuidad y vacío. *Tarbiya. Investigación e Innovación Educativa*, (26).

- Creswell, J.W. (2003). Un marco para el diseño. *Diseño de investigación: enfoques de métodos cualitativos, cuantitativos y mixtos*: 9-11.
- Díaz, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Electrónica de investigación educativa*, 5(2): 1-13.
- Domínguez, J.M., De Pro, A., García-Rodeja, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3): 461-475.
- Duque, C. P. (2006). Conciliando el aprendizaje formal e informal de la lectura emergente en contextos escolares. *Revista Colombiana de Psicología*, (15): 125-129.
- Espíndola, C., Cappannini, O. (2006). ¿Cómo usan alumnos de EGB los modelos de estado de agregación de la materia en la interpretación de un fenómeno de mezcla? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(3): 416-429.
- Expósito, J., Olmedo, E., Cano, A. F. (2004). Patrones metodológicos en la investigación española sobre evaluación de programas educativos. *Revista electrónica de Investigación y evaluación Educativa*, 10 (2): 185-209.
- Furió, C. J., Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*, 11(3): 300-308.
- Galagovsky, L. R., Rodríguez, M. A., Stamati, N., Morales, L. F. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje de concepto de " reacción química" a partir del concepto de " mezcla". Enseñanza de las ciencias. *Revista de investigación y experiencias didácticas*, 21(1): 107-121.
- García, J. J. (2000). La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química. *Revista de investigación y experiencias didácticas*, 18 (1): 113-129.

- García, J. H., Álzate, T. T. (2014). Enseñanza y Aprendizaje del concepto naturaleza de la materia mediante la resolución de problemas. *Uni-pluriversidad*, 14(3): 25-45.
- Garret, R. M. (1995). Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 2(5): 6-15.
- Gómez, M. Á., Pozo, J. I., Gutiérrez J. (2004). *Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. Educación química*. Departamento de Psicología Básica, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Gómez, B. R. (2005). Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Educación y educadores*, (8): 9-20.
- González, C. G., Blanco, A. I., Martínez, M. O. (1989). Nivel de apropiación de la idea de discontinuidad de la materia en alumnos de bachillerato. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 7(2): 126-131.
- Gutiérrez, J., Gómez, M.A., Pozo, J. I. (2005). Utilización del modelo corpuscular de la materia. *Enseñanza de las ciencias, Número extra. VII congreso*. Recuperado de: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/665451/utilizacion_gutierrez_ec_2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández, J., Herrera, L., Martínez, R., Páez, J., Páez, M., Hernández, J. G., Páez, M. A. (2011). *Seminario: Generación de teoría. La teoría fundamentada*. La Universidad del Zulia. Venezuela.
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4): 393-412.

- Krnel, D., Watson, R., Glažar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of 'matter'. *International Journal of Science Education*, 20(3): 257-289.
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3): 249-270.
- Llorens, J. A. (1988). La concepción corpuscular de la materia: obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. *Revista Investigación en la Escuela*, 4: 33-48.
- López, Z. C. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *Revista Iberoamericana de Educación*, 50(2): 1-10.
- Magliano, F. (2009). Características de la metodología cualitativa. Conocimiento práctico. Recuperado de: <https://conocimientopractico.wordpress.com/article/caracteristicas-de-la-metodologia-2sr10788nwiji-26/>
- Martínez, M. (1986). *Fundamentos teóricos y metodológicos de la enseñanza problémica*. Curso pre-evento. Pedagogía, p. 86.
- Martínez, Y. R. (2016). *Estrategia didáctica para la enseñanza de la teoría cinética molecular de los gases bajo el modelo del aprendizaje activo*. Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá.
- MEN, (1998). Lineamientos curriculares para Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Santa Fe de Bogotá: Magisterio.
- MEN, (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Recuperado de: https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- MEN, (2016). Plan Nacional Decenal de Educación (2016-2026). Recuperado de: http://www.plandecenal.edu.co/cms/images/PLAN%20NACIONAL%20DECENAL%20DE%20EDUCACION%202DA%20EDICION_271117.pdf

- Meróni, G., Copello, M. I., Paredes, J. (2015). Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación química*, 26(4): 275-280.
- Mosquera, C.J., Ariza, L.G., Reyes, A.M., Hernández, C. (2010). Una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos estructurantes de discontinuidad de la materia y unión química desde la epistemología y la historia de la ciencia contemporáneas. *Revista Científica*, (12): 6-15.
- Nebot, M. R., Márquez, C. (2017). Uso del modelo cinético-corpúscular en explicaciones sobre fenómenos naturales. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra): 4287-4292.
- Niemeyer, B. (2006). El aprendizaje situado: una oportunidad para escapar del enfoque del déficit. *Revista de educación*, 341: 99-121.
- Ordoñez, C. F., Cardona, J. E., Daza, A., Rodas, J. M., Ruiz, F. J. (2013). Relaciones entre el uso de la analogía en la enseñanza y el aprendizaje del concepto estructura íntima de la materia (EIM). *Enseñanza de las ciencias*, (Extra): 2616-2621.
- Ortiz, C. (2017). *La estrategia de escribir para aprender: el caso del equilibrio químico*. Tesis de maestría. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Penagos, H. P. (2007). El aprendizaje situado como una alternativa en la formación de competencias en ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 2(4): 1-13.
- Pérez, Z. P. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista electrónica educare*, 15(1): 15-29.
- Portolés, J. S., Capo, M. (1997). El espacio vacío y sus implicaciones en la historia de la ciencia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 14(2): 194-208.
- Pozo, J. A., Sanz, A., Crespo, G., Limón, M. (1991). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1): 83-94.

- Pozo, J. I., Pérez, M. D., Domínguez, J., Gómez, M. A., & Postigo, Y. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Renström, L., Andersson, B., Marton, F. (1990). Students' conceptions of matter. *Journal of Educational Psychology*, 82 (3): 555–569.
- Rodríguez, F. C. (2013). La captura, la documentación y la representación del CPC de un profesor experimentado y “ejemplar” acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia. *Pedagogía y Saberes*, (39): 61-76.
- Rubio, C. A. (2006). *Estrategia Metodológica para el Aprendizaje Significativo de las relaciones del volumen con la presión y temperatura a partir de la Teoría Cinético Molecular de los gases*. Tesis de licenciatura. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, M. D. (2010). *Metodología de la investigación* (quinta ed.). Mc Graw Hill, México D.F.
- Sánchez, R. S., Mora, C., Arteaga, J. V. (2014). Aprendizaje Activo de la Física para estudiantes de Ingeniería en la Ciudad de México. *Lat. Am. J. Sci. Educ*, 1: 12021.
- Scott, C. L. (2015). El futuro del aprendizaje 3: ¿Qué tipo de pedagogías se necesitan para el siglo XXI?. Recuperado de: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000243126_spa
- Soubirón, E. (2005). *Las Situaciones Problemáticas Experimentables (SPE) como alternativa metodológica en el aula*. Unidad Académica de Educación Química. Universidad de la república. Montevideo, Uruguay.
- Strauss, A., & Corbin, J. (2016). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Universidad de Antioquia.
- Tirado, F. (2015). Entornos Educativos: Educación en contextos. *Revista Boletín Redipe*, 4(7): 6-15.

Villota, E. O., Esvenson, F. (2015). *Enseñanza del modelo discontinuo de la materia mediante el estudio del gas ideal y el apoyo de un aula virtual*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá.

Yacuzzi, E. (2005). El estudio de caso como metodología de investigación: teoría, mecanismos causales, validación (No. 296). Recuperado de:
<https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/296.pdf>