

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

Teaching the matter discontinuity through the Problem-Based Learning strategy

Boris Fernando Candela-Rodríguez¹ , Luis Eduardo Restrepo-Millán² 

1. Mg. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Correo electrónico: boris.candela@correounivalle.edu.co
2. Mg. Universidad Nacional, Palmira, Colombia. Correo electrónico: drd.millan@gmail.com

Recibido en abril 1 de 2020

Aceptado en junio 19 de 2020

Publicado en línea en agosto 25 de 2020

Resumen

Este estudio tuvo como propósito ayudar a 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 la orientación de enseñanza del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Tomando como referencia el problema, los objetivos y el marco teórico que subyace a esta investigación, se decidió hacer uso de un diseño metodológico de perspectiva mixta por estudio de casos, donde los elementos cualitativos tuvieron un papel clave. La base empírica se recogió a través de las siguientes fuentes documentales: pre y pos-test, observación participante, entrevista semiestructurada y trabajo de los estudiantes. La información de naturaleza cuantitativa se analizó mediante el estadístico de ganancia de aprendizaje, en tanto que la cualitativa se interpretó a través de la teoría fundamentada, la cual permitió inducir tres generalizaciones naturalísticas cuyo desarrollo teórico fue triangulado con el análisis cuantitativo. Finalmente, la orientación de enseñanza ABP no solo ayudó a mediar la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia en los estudiantes, sino también le permitió al profesor en ejercicio potencializar sus razonamientos y acciones pedagógicas que posiblemente informarán la enseñanza de las futuras lecciones.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas; cognición situada; discontinuidad de la materia; orientación de enseñanza contextualizada.

Abstract

The purpose of this study was to help to improve the understanding of the matter discontinuity phenomenon in seventh grade students of an I.E. from the municipality of Trujillo, Valle del Cauca, through the teaching of Problem Based Learning (PBL). Taking as a reference the problem, the objectives and the theoretical framework underlying this research, it was decided to make use of a mixed perspective methodological design per case study, where qualitative elements played a key role. The empirical base was collected through the following documentary sources: pre and post-test, participant observation, semi-structured interview and student work. The information of a quantitative nature was analyzed using the learning gain statistic, while the qualitative one was interpreted through the grounded theory, which allowed to induce three naturalistic generalizations whose theoretical development was triangulated with the quantitative analysis. Finally, the PBL teaching orientation not only helped to mediate the students' understanding of the discontinuity phenomenon, but also allowed the practicing teacher to potentiate their pedagogical reasoning and actions that will possibly inform future teaching lessons.

Key words: Problem Based Learning; Situated cognition; Matter discontinuity; Contextualized teaching orientation.

Introducción

Enseñar ciencias trae consigo una gran cantidad de dificultades que están relacionadas con las formas en que se enseña, las concepciones de ciencia que hay entre estudiantes y docentes, los entornos educativos y los problemas sociales que permean 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 aprender esta disciplina conlleva un nivel de esfuerzo mayor al compararla con otras asignaturas (Campanario y Moya, 1999).

De igual forma, la enseñanza de la química presenta una serie de desafíos que tienen su génesis principalmente en la naturaleza abstracta de los conceptos, lo que implica que el estudiante deba crear modelos mentales ajenos a su cotidianidad, con el fin de construir una comprensión de los fenómenos naturales a los que se enfrenta. Sin embargo, como han demostrado muchas investigaciones, este proceso no es fácil, puesto que las ideas alternativas de los estudiantes son resistentes al cambio y perduran aun después de muchos años de instrucción científica (Furió y Furió, 2000; Galagovsky, Rodríguez, Stamati y Morales, 2003; Gómez, Pozo y Gutiérrez, 2004).

En el caso particular de la naturaleza discontinua de la materia, se ha encontrado que uno de los principales obstáculos a fin de comprender este núcleo conceptual tiene que ver con la dificultad que presentan los estudiantes para diferenciar e integrar los tres niveles de representación que fundamentan el currículo de la química (macroscópico, simbólico y submicroscópico). Lo anterior impide que los estudiantes puedan construir explicaciones acerca de las entidades y procesos que subyacen a los fenómenos macroscópicos a partir de los modelos corpusculares propios de la ciencia (Candela y Ortiz, 2014; Crespo y Pozo, 2000; Furió y Furió, 2000). Este hecho cobra gran relevancia debido a que el conocimiento del contenido de la naturaleza discontinua de la materia es un prerequisite para comprender todo el edificio teórico de la química (Benarroch, 2000; Candela y Ortiz, 2014; Crespo y Pozo, 2000). Sin embargo, la orientación de enseñanza transmisionista no ha logrado que los estudiantes construyan dicha noción.

Por esta razón, en las últimas décadas se ha apostado al diseño e implementación de propuestas instruccionales basadas en orientaciones alternativas, con la intención de ayudar a los estudiantes a superar las dificultades antes

mencionadas. Ahora bien, García y Alzate (2014) diseñaron e implementaron un material de enseñanza desde la perspectiva del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), acerca de la discontinuidad de la materia para estudiantes de grado 8°. Uno de los resultados más relevantes fue el significativo descenso de las ideas alternativas usadas por los estudiantes para explicar el comportamiento submicroscópico de la materia. Así mismo, se notó un progreso en la argumentación con bases científicas por parte de los alumnos a medida que se desarrollaba la estrategia, incluyendo al final, explicaciones en que se hacían explícitas las ideas sobre espacio vacío y movimiento intrínseco de las partículas. En el mismo sentido, encontraron que las explicaciones producidas en función de la apariencia macroscópica (nivel macroscópico), fueron dando espacio a argumentaciones con tendencia a utilizar modelos corpusculares de la materia. Si bien en este estudio se alcanzaron resultados positivos en la comprensión del modelo corpuscular, también se evidenció restricciones referentes a la existencia de espacios vacíos entre las partículas, idea que poco usan los educandos de manera espontánea para explicar fenómenos relacionados con la discontinuidad de la materia. Por último, concluyen que es de gran importancia que en las clases de ciencias naturales se propicien espacios de diálogo entre pares, con el propósito de que los alumnos puedan construir la conceptualización a la par de evidenciar los procesos de la ciencia.

En consecuencia, este estudio tiene como propósito 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 ABP. Los anteriores presupuestos informan el siguiente interrogante de investigación, el cual direcciona esta investigación: ¿cómo la orientación de enseñanza del Aprendizaje Basado en Problemas ayuda a mejorar la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia en estudiantes de séptimo grado?

Cognición situada y Aprendizaje Basado en Problemas

La selección de la orientación del ABP en esta investigación se debe a la notable influencia que tiene en la actualidad el paradigma del constructivismo sociocultural de Vygotsky. Este argumenta que la internalización de las herramientas y prácticas culturales propias de determinada comunidad de práctica, es un proceso que se da primero en el plano intersubjetivo y posteriormente intrasubjetivo. En este sentido, se considera que a esta orientación de enseñanza la

fundamentan estos presupuestos en conjunción con los elementos proporcionados por la teoría de la cognición situada (Carretero, 2000).

Así pues, la teoría de la cognición situada emerge de los planteamientos de Vygotsky, y afirma que el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos debe estar focalizado en auténticos problemas. Es decir, estas situaciones problemáticas deben provenir del mundo real para que sean significativas y propositivas. Así, se logra de manera paulatina un proceso de enculturación científica, donde los alumnos hacen parte de prácticas sociales verdaderas, teniendo en cuenta que el aprender y el hacer se realizan de forma simultánea. Esto brinda a los estudiantes la oportunidad de utilizar de manera consciente las herramientas conceptuales y participar en prácticas culturales con el ánimo de solucionar problemáticas similares a las presentadas en la vida real. Por tanto, desde esta perspectiva los ambientes de aprendizaje deben suministrarle la posibilidad de compartir e integrar auténticas experiencias cognoscitivas, bajo la premisa de que la construcción del conocimiento presenta un aspecto social situado, que se potencia cuando se interactúa con los semejantes, se comparten recursos o se abordan prácticas sociales comunes, dándole gran relevancia al uso del lenguaje como mediador en el proceso (Borrás, 1997; Díaz Barriga, 2003; Niemeier, 2006; Penagos, 2007).

En consecuencia, la teoría del aprendizaje de la cognición situada rescata la importancia de la contextualización del aprendizaje a partir de situaciones auténticas y retadoras para el aprendiz; a este tipo de situaciones se les ha dado el nombre de problemas. García (2000) afirma que un problema es una situación que estimula la mente al no tener una respuesta inmediata y eficaz, lo que genera la construcción de la posible solución. Por otro lado, Garret (1995) define los problemas verdaderos como aquellas situaciones enigmáticas que no son ni solucionables ni resolubles, sino solo comprensibles. De modo similar, Pozo, Pérez, Domínguez, Gómez y Postigo (1994) argumentan que son situaciones que difieren de lo que el estudiante conoce, pero que pueden ser resueltas a partir del conocimiento adquirido previamente y con el uso de distintas fuentes de información. Campanario y Moya (1999) defienden la perspectiva de que el problema abarca distintos tipos de actividades, las cuales van desde pequeños experimentos, observaciones o incluso actividades de clasificación.

Por otra parte, Soubirón (2005) considera que los problemas planteados en ciencias tienen que estar contextualizados

mediante fenómenos de la vida cotidiana. Así pues, argumenta que resolver un problema implica ir más allá de realizar consultas y apropiarse de información, es decir, debe llevar a procesos de análisis y reflexión acerca de la situación problemática. Estas acciones fortalecen el proceso de investigación, crucial para la producción de ciencia y tecnología, a la vez que le facilitan al aprendiz demostrar su conocimiento en el marco de problemáticas contextualizadas y no solo a través de pruebas estandarizadas de naturaleza acreditativa.

Definitivamente, las investigaciones educativas han demostrado que la orientación de enseñanza del ABP 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 los productos y los procesos científicos. Así mismo, los trabajos prácticos (también considerados problemas) hacen parte de las herramientas básicas de demostración y comprensión de los fenómenos naturales. De aquí que el ABP muestre una serie de fortalezas, entre las cuales se pueden citar: el trabajo cooperativo, el uso de la creatividad, puesto que la mayoría de los problemas tienen varias soluciones; además, la búsqueda adecuada de información, la flexibilidad, la autonomía y la tolerancia al fracaso son aspectos relacionados a esta estrategia de enseñanza (Campanario y Moya, 1999; García, 2000; Scott, 2015).

Metodología

Teniendo en cuenta el problema planteado y el objetivo general propuesto, resultó necesario documentar las acciones y razonamientos de los estudiantes y el profesor durante la implementación de la secuencia de actividades de aprendizaje. En este orden de ideas, se optó por una metodología de naturaleza mixta concurrente o de diseño anidado. Dicha perspectiva permitió recoger simultáneamente datos cuantitativos y cualitativos, siendo decisión del investigador enfatizar en estos últimos debido a la naturaleza del estudio (Sampieri, Fernández y Baptista, 2010). Esta selección se basó en el presupuesto de que, en este trabajo, la mayoría de los datos que se recogieron no eran cuantificables al referirse a acciones, comportamientos y decisiones de los sujetos de estudio. Con base en lo expuesto, se tomó la decisión de configurar el diseño metodológico a partir de tres fases, cuyo desarrollo permitió comprender en profundidad el caso estudiado, a saber:

Primera fase: Esta etapa se llevó a cabo antes de iniciar y después de haber finalizado la implementación de la

secuencia de actividades que representaron el contenido de la discontinuidad de la materia en el marco del ABP (pretest junio, post-test diciembre de 2019). El propósito de esta estrategia de indagación fue comparar los modelos mentales antes y después de la intervención pedagógica. Para lograrlo, se empleó un cuestionario con preguntas cerradas, construido a partir de diez contextos problemáticos que encarnaron las principales ideas de la discontinuidad de la materia desde la perspectiva de la cognición situada; estos problemas se adaptaron a partir de trabajos efectuados por Rubio (2006) y Martínez (2016).

Con el propósito de analizar los resultados del pretest y el postest, se tomó la decisión de agrupar las preguntas de acuerdo con la sub-idea que representaban. Por consiguiente, la pregunta uno se analizó aislada puesto que con ella se pretendió comprender la manera como los estudiantes representaban los gases; las preguntas dos y siete representaban la relación entre temperatura y distancias de las partículas; los interrogantes tres y ocho correspondieron a la idea del espacio vacío entre partículas, el movimiento intrínseco de dichas entidades submicroscópicas se hizo implícito en los ítems cuatro y seis; las fuerzas de atracción entre las partículas se representaron en los interrogantes cinco y nueve; por último, la pregunta diez buscaba evaluar si los estudiantes usaban de manera correcta la naturaleza corpuscular del aire en la explicación de un fenómeno específico de la vida cotidiana, (Véase: <https://ladiscontinuidad.blogspot.com/2020/03/prueba-escritautilizada-como-pretest-y.html>).

Segunda fase: Durante esta etapa se diseñaron e implementaron una secuencia de actividades de aprendizaje que representaban el contenido de la discontinuidad de la materia a unos estudiantes singulares desde una orientación del ABP. Para ello se utilizó el instrumento metodológico de la CoRe que está configurado por 12 ítems, los cuales orientan de manera reflexiva la toma de decisiones curriculares e instruccionales cuyo desarrollo teórico informa la construcción de la serie de actividades de aprendizaje que representan las ideas que estructuran el contenido bajo consideración (Candela, 2017). Así pues, el desarrollo teórico de los ítems de la CoRe se da a través de un análisis sistemático a fuentes documentales provenientes de libros, artículos y referentes curriculares emanados por el Estado y el campo de la educación en química (p. ej., lineamientos curriculares, estándares básicos de competencia, pedagogía general, dificultades en el aprendizaje de la química).

Desde luego, esta teoría práctica proveniente del desarrollo teórico de la CoRe informó la construcción de doce situaciones problema, las cuales representaron las cuatro sub-ideas que estructuran la discontinuidad de la materia desde la perspectiva del ABP (véase <https://ladiscontinuidad.blogspot.com/2020/02/respresentacion-del-contenido.html>). Cada una de las sub-ideas fue representada e implementada a través del modelo de enseñanza denominado “Ciclo de Aprendizaje” (Karplus y Thier, 1967). Este está configurado por tres fases: exploración, introducción y aplicación (véanse dichas fases de las cuatro sub-ideas en: <https://ladiscontinuidad.blogspot.com>).

La implementación de la secuencia de actividades de la discontinuidad de la materia se llevó a cabo en el grado séptimo durante el período de agosto a noviembre de 2019 (cuatro horas semanales), con el fin de asistir a los estudiantes en la comprensión del comportamiento corpuscular de las sustancias. Cada situación realizada en esta fase fue mediada por algunas estrategias pedagógicas de perspectiva sociocultural (p. ej., trabajo cooperativo; transacción de significados y formas de significar; estrategia instruccional de Predecir, Observar y Explicar (POE)). Así pues, los pequeños grupos de discusión debieron dar cuenta de las situaciones problema externalizando sus modelos mentales a través de distintas representaciones semióticas (p. ej., oral, escrita y gráfica).

Por otro lado, la fase de investigación de la implementación estuvo direccionada por una perspectiva de indagación cualitativa por estudio de casos. Ahora bien, el caso de esta investigación fue configurado por los estudiantes de grado séptimo con edades entre 11 y 16 años (diez niñas y nueve niños); un profesor licenciado en biología y química con quince años de experiencia, quien era conocedor de la orientación de enseñanza del ABP, y una secuencia de actividades de aprendizaje que representa el contenido de la discontinuidad de la materia fundamentadas disciplinar, pedagógica y didácticamente. La selección de este contenido se hizo como consecuencia de que este apalanca la comprensión de muchos de los tópicos del currículo de química. Además se destaca que la escuela está ubicada en la zona rural del municipio de Trujillo (Valle del Cauca), y los estudiantes pertenecen a los estratos uno y dos, de familias con ascendencia campesina, descendientes de colonos antioqueños y padres con bajo nivel de escolaridad. Las actividades económicas de los padres se basan

principalmente en labores agrícolas, sin fuentes distintas de empleo y con una población fluctuante de acuerdo con los ciclos de las cosechas. Por todo esto, se consideró que este caso es único y especial y amerita ser analizado en profundidad con el fin de suministrar información acerca de la educación en química en la escuela rural (Álvarez y San Fabián, 2012; Cebreiro y Morante, 2004; Expósito, Olmedo y Cano, 2004).

Tercera fase: Esta etapa buscó determinar el nivel de apropiación del modelo corpuscular de la materia por parte de los estudiantes, después de la implementación de las situaciones problema que se propusieron. Para lograr este propósito se aplicó el post-test y se hizo una comparación entre las respuestas dadas al inicio y al final de la propuesta. Dicha comparación se llevó a cabo a la luz de la teoría cinética de la materia, con relación al buen uso de los postulados que hablan sobre la discontinuidad de la materia. Esta tarea analítica estuvo mediada por el estadístico de ganancia de aprendizaje normalizada de Hake (1998), el cual ha venido siendo utilizado en el campo de la educación en ciencias para establecer la efectividad de propuestas de enseñanza alternativa.

Si bien el análisis de los datos cuantitativos dio una interpretación general del caso estudiado, se generó la necesidad de recoger e interpretar datos de carácter cualitativo dada la naturaleza del problema, con el propósito de construir una profunda comprensión de las acciones y razonamientos de los estudiantes a lo largo de la implementación de la propuesta de enseñanza del ABP. Por supuesto, esta estrategia de indagación dio validez ecológica a los resultados de carácter naturalístico (triangulación por método). Para ello, los datos de naturaleza cualitativa fueron recogidos a través de las siguientes fuentes documentales: observación participante, videos/audios de clase, diario reflexivo del profesor y trabajos de los estudiantes.

Resultados

La base empírica de naturaleza cuantitativa y cualitativa de este estudio fue analizada tomando como referencia el problema de investigación y los principales constructos que estructuraron el marco teórico de esta indagación. En este sentido, los datos cuantitativos provenientes del pre-test y post-test se analizaron mediante el estadístico de ganancia de aprendizaje de Hake (1998) y el análisis de perspectiva cualitativa se efectuó a través de la teoría fundamentada de Strauss y Corbin (2016). Conviene subrayar que, por la naturaleza del problema de esta investigación, el análisis

general se focalizó en los datos cualitativos, utilizando los cuantitativos en el proceso de triangulación por método a fin de dar confiabilidad y veracidad a los resultados que emergieron de esta estrategia analítica.

De un lado, los resultados cuantitativos obtenidos en la investigación, se analizan a través del índice de Hake, que arroja una ganancia de aprendizaje global de 0,61, situándose en un rango medio. Así mismo, es importante resaltar que según los resultados cuantitativos el índice de ganancia de aprendizaje para las preguntas estuvo entre medio y alto, siendo bajo (menor que 0,3) solo para el interrogante 7 (tabla 1).

Tabla 1. Comparación de resultados del pre-test y post-test según índice de ganancia de Hake.

Idea valorada en el ítem	Pregunta	Índice de aprendizaje de Hake
Comprensión de la manera como los estudiantes representan 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 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

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, con el fin de erigir una teoría de carácter naturalístico con validez ecológica, la cual diera si no la mejor solución a la problemática estudiada, por lo menos la más apropiada, se analizan los datos cualitativos de acuerdo con los planteamientos hechos por la teoría fundamentada de Strauss y Corbin (2016). Según dicha perspectiva analítica, la base empírica debe analizarse teniendo en cuenta los tres tipos de codificación: abierta, axial y selectiva. Las dos primeras útiles en el inicio de la investigación, mientras la codificación selectiva se usa 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 séptimo, 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 que el investigador identifica como significativos en los datos. Dichos conceptos se examinan posteriormente de forma comparativa, para luego ser nominados según lo propuesto por Hernández, Herrera, Martínez, Páez y Páez (2011).

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, y resultados del pretest y el postest), 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 datos posibilita hacer 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, con el propósito de 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 cuatro categorías inductivas estrechamente relacionadas buscando encontrar posibles soluciones al problema planteado (tabla 2).

Tabla 2. Categorización inductiva proveniente del proceso de 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 problema 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 previamente 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.
Aspectos relacionados con el conocimiento pedagógico de la química.	Disposición para replantear sus hipótesis de acuerdo con la adquisición de nueva información.
	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.

Fuente: elaboración propia.

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 entre las categorías halladas (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.

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Como se puede observar, la codificación selectiva apoyada en los principales constructos del marco teórico y en la base empírica proveniente de las fuentes documentales orienta el desarrollo teórico de tres generalizaciones naturalísticas. Dichas teorías presentan una relación sinérgica, la cual documenta la fuerte influencia que ejerce el proceso de planeación reflexiva sobre los razonamientos y acciones pedagógicas del profesor, a fin de mediar la identificación y desarrollo de los modelos alternativos de la discontinuidad de la materia en los estudiantes de grado séptimo.

Sobre la orientación del ABP y el uso reflexivo de diferentes estrategias de enseñanza

La naturaleza del ABP permite al educador una interacción permanente con sus estudiantes, dándole así la posibilidad de utilizar diferentes estrategias de enseñanza. Para este estudio se identifican 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.

En primera instancia, 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. Durante el desarrollo de este, el maestro toma conciencia de las representaciones que puede utilizar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de un contenido

específico, entre las que se puede mencionar los ejemplos, situaciones problemáticas, analogías, situaciones experimentales, entre otras. De otra parte, a partir de la literatura especializada es posible que el maestro pueda determinar las principales limitaciones, dificultades e ideas 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 (Candela y Ortiz, 2014; Candela, 2017). Estos presupuestos están relacionados con la siguiente viñeta, la cual hace referencia a la respuesta que da el profesor al ítem de la CoRe: ¿cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?

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? “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 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 (Candela, 2017). 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, a fin de enfocar a los estudiantes 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. Los anteriores presupuestos pueden ser validados por medio de la siguiente viñeta:

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 dentro 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: Sí, 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: Líquido.

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. (Video de una clase, 29 -10-2019).

Esta viñeta permite observar que el docente al evidenciar un evento crítico reflexiona en la acción y toma la decisión de generar una serie de interrogantes a los estudiantes, con el propósito de andamiar la comprensión del fenómeno natural estudiado. Este razonamiento y acción pedagógica está mediado por el conocimiento pedagógico del contenido que ha logrado explicitar el enseñante durante la planeación de la lección de la discontinuidad de la materia. Así, este puede predecir las posibles dificultades con las que se enfrentarán los estudiantes junto con las mejores estrategias para ayudarlos a superarlas (Candela y Ortiz, 2014; Candela, 2017).

Definitivamente, la planeación fundamentada de una secuencia de actividades favorece la reflexión y la toma de decisiones en la acción por parte del maestro, posibilitando que el proceso de enseñanza impulse a los estudiantes en la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia. Este presupuesto se puede observar tanto en la evidencia empírica de carácter cualitativo (anterior viñeta), como en los datos cuantitativos. Estos últimos triangulan la interpretación fenomenológica indicando que la planeación

y la toma reflexiva de decisiones curriculares impactaron de forma significativa en los estudiantes. Como prueba de ello, es conveniente citar los resultados obtenidos por los educandos en el test inicial y final, respecto a las preguntas tres y ocho relacionadas con la existencia de espacios vacíos entre las partículas que componen la materia (véase el link <https://ladiscontinuidad.blogspot.com/2020/03/prueba-escritaututilizada-como-pretest-y.html>). Esta idea, según la literatura especializada es una de las nociones más difíciles de comprender por parte de los aprendices de la escuela secundaria. En dichos ítems, el índice de ganancia de aprendizaje calculado estuvo por encima de 0,87; situándolos en el rango alto, lo que indica que el nivel de comprensión de la noción de vacío ha sido significativo en este grupo de estudiantes (tabla 1). Este hecho corrobora la importancia de hacer una planeación reflexiva acompañada de distintas estrategias de enseñanza con el propósito de brindar al docente espacios para hacer una intervención pedagógica pertinente y eficaz.

Por otra parte, el análisis de los resultados de los test inicial y final permitió evidenciar que la idea que presentó mayor dificultad a los estudiantes para ser comprendida hace referencia a las fuerzas de atracción entre partículas. Esta aseveración se fundamenta en el índice de ganancia calculado para las preguntas cinco y nueve que tenían conexión con dicha idea científica (véase: <https://ladiscontinuidad.blogspot.com/2020/03/prueba-escritaututilizada-como-pretest-y.html>). En ambos casos la ganancia de aprendizaje calculado estuvo cerca de 0,4, ubicándose en el rango medio (tabla 1). La dificultad que representó esta noción para los alumnos fue ratificada por algunos de estos a través de encuestas individuales. Este resultado está en concordancia con las conclusiones de muchas investigaciones en el ámbito de la educación en química, las cuales apuntan a resaltar la resistencia que tienen las ideas alternativas de los estudiantes sobre el fenómeno de la discontinuidad de la materia (Furió y Furió, 2000; Galagovsky *et al.*, 2003; Pozo *et al.*, 1994).

Sobre el ABP y el 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 respecto a los contenidos que se les enseña. Para esto es importante realizar un seguimiento regular al proceso de aprendizaje, con el propósito de tomar decisiones pedagógicas que

permitan a los estudiantes alcanzar las metas de aprendizaje propuestas. En este sentido, el ABP resulta muy conveniente puesto que constantemente abre espacios de discusión entre los pares académicos (educandos) y entre estos y el maestro, posibilitando al educador monitorizar de manera constante la evolución de los saberes de los alumnos.

Conviene subrayar que la internalización de los modelos teóricos de las ciencias demanda de los estudiantes acciones y razonamientos que medien los procesos de diferenciación y reconciliación integradora entre estos nuevos conocimientos y los modelos mentales construidos a lo largo de su escolarización, a fin de dar significado al fenómeno natural estudiado. Es decir, la comprensión de la discontinuidad de la materia implica necesariamente que los aprendices establezcan relaciones 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 (Benarroch, 2000; Crespo y Pozo, 2000; Gómez *et al.*, 2004).

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 forma, 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. Este hecho posibilita concluir que ese nuevo conocimiento referente al comportamiento corpuscular se relaciona con otros modelos teóricos construidos previamente respecto a los estados de la materia; además, les permite a los estudiantes apropiarse de un vocabulario científico con el cual pueden hacer explícitas dichas relaciones.

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 (Benarroch, 2000; Gómez, *et al.*, 2004). Como apoyo a lo anterior, se muestra una representación gráfica donde se puede notar que los estudiantes de grado séptimo utilizan la teoría cinética de la materia para explicar la distribución de las partículas de un perfume dentro de una

habitación (figura 1). Allí es inevitable percibir que estos relacionan el concepto de mezcla homogénea con la nueva teoría estudiada, lo que implica un aumento del nivel de complejidad en sus modelos mentales.

Figura 1. Representación gráfica de la distribución de partículas de perfume en el aire.



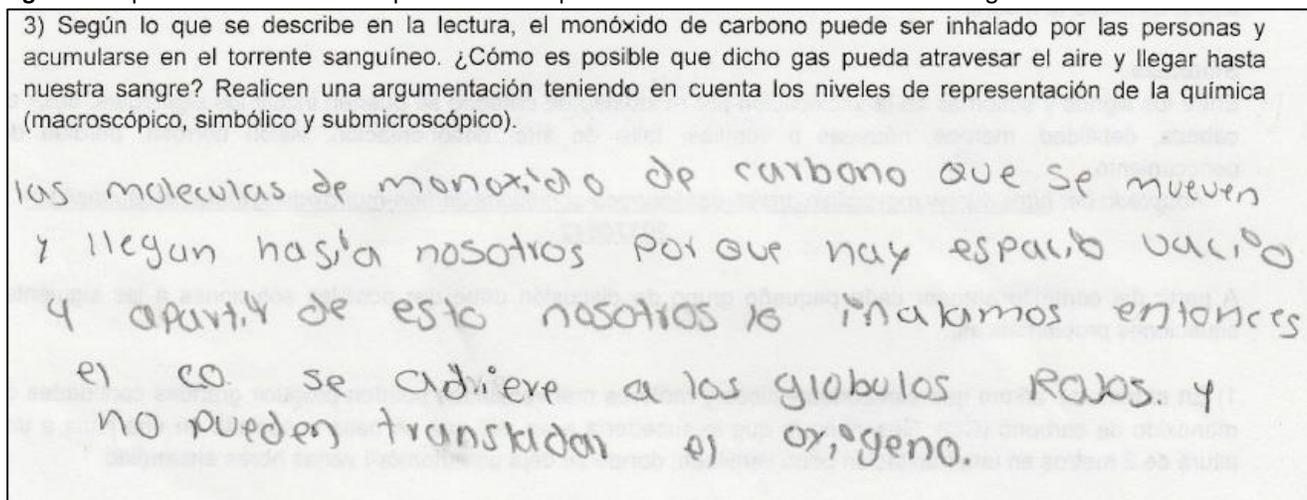
Fuente: actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta.

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 tres 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 se diferencian e integran los tres niveles de representación de la química (macroscópico, simbólico y sub-microscópico) (Candela y Ortiz, 2014). En consecuencia, la capacidad para representar el fenómeno de la discontinuidad 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 la siguiente viñeta se puede observar cómo 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 (figura 2).

Figura 2. Representación semiótica que muestra respuestas de los estudiantes con buena argumentación científica.



Fuente: actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta.

En coherencia con lo anterior, 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 (véase: <https://ladiscontinuidad.blogspot.com/2020/03/prueba-escritautilizada-como-pretest-y.html>), 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 vale la pena anotar que los porcentajes de alumnos que seleccionan el distractor B, que es la respuesta correcta, pasa de 21 % en el pretest a 73,7 % en el postest, lo que implica que 52,7 % de estudiantes que en primera instancia habían escogido otra opción, al final se deciden por el distractor adecuado. Esto permite inferir que la gran mayoría de los 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 brindan evidencia de que el modelo de materia se ha modificado desde una visión basada en las percepciones macroscópicas hacia uno más cercano al propuesto por la ciencia.

Sobre el ABP y los razonamientos y acciones pedagógicas del profesor para identificar los modelos alternativos de los estudiantes

La práctica educativa del maestro de ciencias está informada tanto por el conocimiento del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia como por el conocimiento pedagógico contenido disciplinar. Desde luego, estas bases del conocimiento para la enseñanza lo ayudan a predecir e identificar las concepciones alternativas con las que llegan los estudiantes de grado séptimo al aprendizaje de la naturaleza corpuscular de la materia. Para ello, el profesor lleva a cabo procesos de razonamiento y acciones pedagógicas a lo largo de la planeación e implementación de la secuencia de actividades de aprendizaje (Candela y Ortiz, 2014; Candela, 2017). En este sentido, es muy importante reconocer que acceder a esa información requiere de él la utilización de diferentes estrategias de enseñanza, las cuales median la identificación de los modelos mentales de los estudiantes, que son traducidos en formatos impresos por medio de un conjunto de representaciones semióticas, y además ayudan a que los aprendices tomen conciencia de dichos modelos.

Los anteriores presupuestos sintetizan la idea general de esta teoría naturalística, la cual se encuentra configurada por las siguientes categorías: 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 asiste a los estudiantes de séptimo grado en la comprensión del fenómeno de la discontinuidad de la materia.

En primer lugar, se afirma que la orientación pedagógica basada en la teoría de la cognición situada, nacida del paradigma sociocultural de Vygotsky, favorece la construcción de parte de los estudiantes de las herramientas y prácticas culturales referentes a la química, necesarias para que ellos puedan participar de manera activa y reflexiva en la transacción de significados en el marco de la comunidad de práctica del aula de química. 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 (Niemeyer, 2006; Penagos, 2007; Scott, 2015). Asimismo, 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 (véase la secuencia de actividades para cada sub-idea en: <https://ladiscontinuidad.blogspot.com/>). 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 (García, 2000; Garret, 1995; Pozo *et al.*, 1994; Soubirón, 2005). El anterior presupuesto se valida a través de la siguiente base empírica:

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. 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).

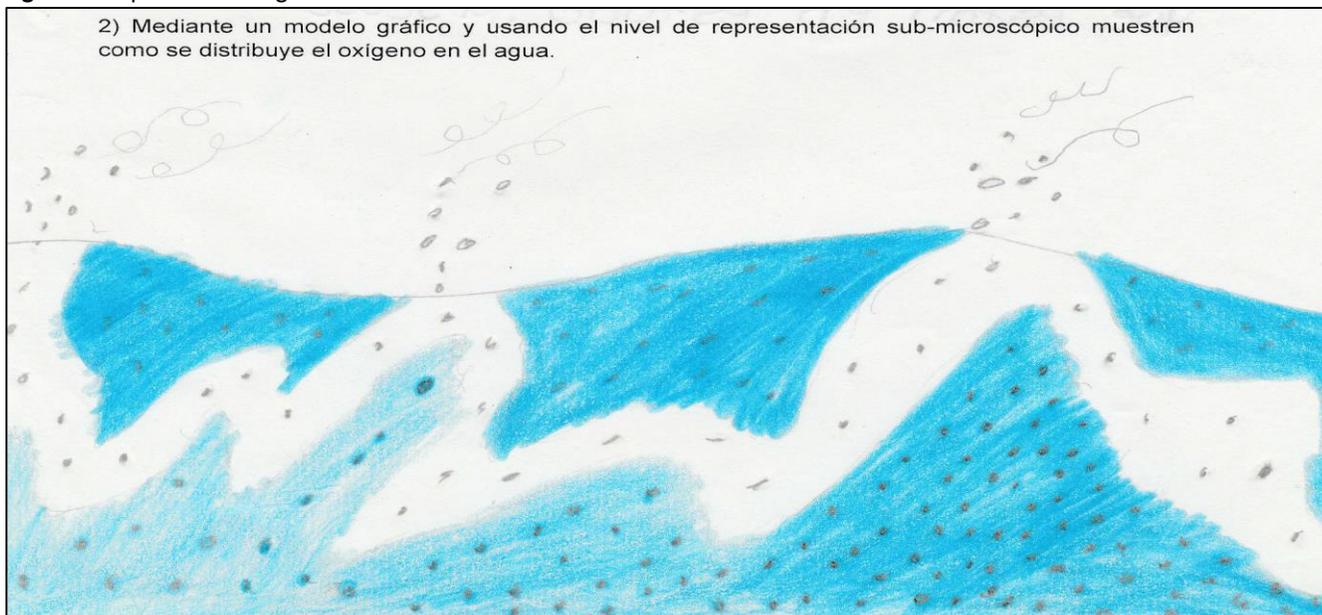
En segundo lugar, es necesario analizar la categoría denominada uso de modelos alternativos y sintéticos de la naturaleza de la materia, la cual brinda información muy relevante al docente a la hora de hacer las reflexiones en y sobre la acción. En consecuencia, tener muchas fuentes documentales que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

Definitivamente, la orientación de enseñanza centrada en los estudiantes se convierte en el primer paso para poder identificar los modelos alternativos que estos poseen en referencia a la naturaleza de la materia. Desde luego, esta permite tener un punto de partida para reflexionar acerca de cómo evolucionan dichos modelos mentales. Este razonamiento pedagógico media la identificación de la evolución progresiva de los modelos mentales iniciando con los intuitivos, pasando por los sintéticos, los cuales, según Martí (2013), se refieren a la mezcla de ideas alternativas de los estudiantes con los modelos

científicos que estudian, lo que permite el enriquecimiento de los marcos intuitivos con la nueva información obtenida en el ámbito escolar, sin llegar a representar el modelo científico aceptado, para finalizar con los modelos científicos-escolares (Niemeyer, 2006; Penagos, 2007).

Los anteriores presupuestos se pueden corroborar a través de los modelos sintéticos representados en la figura 3. En esta los estudiantes representan en el nivel submicroscópico moléculas de oxígeno y agua; notándose, por un lado, que tienen conciencia 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 la materia. 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 analicen el fenómeno estudiado tomando en consideración los tres niveles de representación de la química.

Figura 3. Representación gráfica de un modelo sintético de la materia.



Fuente: actividades realizadas por los estudiantes durante la implementación de la propuesta.

En tercer lugar, es indispensable analizar qué efecto pedagógico tiene la implementación de la propuesta del ABP sobre la enseñanza del fenómeno de la discontinuidad 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 reflexión permanente, el análisis de los materiales desarrollados por los estudiantes, la observación y participación en los espacios de discusión, entre otros, posibilita al maestro identificar en esta intervención pedagógica una serie de ideas alternativas

sobre las partículas que utilizan de forma recurrente los educandos. Por ejemplo, se pueden citar nociones que involucran cambios de tamaño, capacidad para multiplicarse, la no aceptación del espacio vacío entre partículas, la idea de que estas pueden sufrir cambios de estado, la relación entre el peso de las partículas y el estado de agregación (las partículas de los gases son más livianas), propiedades mágicas como la capacidad de “desaparecer”, la no aceptación del movimiento intrínseco de las partículas, la noción de que las partículas al calentarse pueden estallar o que estas presentan propiedades macroscópicas, como el color, sabor, olor.

En consecuencia, para el maestro ha resultado de gran importancia reflexionar sobre cómo evolucionan las ideas alternativas de los alumnos respecto a las partículas, comparando diferentes momentos de la implementación de la propuesta del ABP. Así pues, él se ha percatado del uso menos frecuente de las concepciones alternativas antes mencionadas después de la intervención pedagógica. En este sentido, destaca que en principio las explicaciones se basaban en modelos macroscópicos, donde las partículas poseían propiedades del sistema al que pertenecen; a esta fase siguió una donde los estudiantes solo explicitaban el modelo corpuscular cuando el profesor les interrogaba sobre un fenómeno específico y casi siempre de forma oral. En una fase posterior, las explicaciones se apoyan principalmente en el uso de los tres niveles de representación de la química y en los postulados de la teoría cinética, los cuales se utilizan de manera espontánea, ya no por intervención del docente. Durante el proceso aquí descrito, el profesor basó su enseñanza en la interacción entre pares, apoyando de forma decidida el trabajo cooperativo de los equipos y usando contraejemplos, método socrático, ejemplos de la vida cotidiana y recursos digitales, y buscando un diálogo permanente de saberes.

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 conciencia 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*).

Por tanto, las evidencias cualitativas ponen de manifiesto que el trabajo cooperativo y el acompañamiento permanente del maestro permiten a este el conocimiento sobre cómo lograr la evolución de las ideas y modelos alternativos de los educandos, teniendo en cuenta las metas de aprendizaje propuestas. La consecución de tal fin está reflejado en los resultados obtenidos por los alumnos en la pregunta uno del pretest y el postest (véase: <https://ladiscontinuidad.blogspot.com/2020/03/prueba-escritautilizada-como-pretest-y.html>).

Así, dicha pregunta trataba de inferir la visión que tenían los estudiantes sobre la distribución de las partículas de un gas. Para este interrogante la respuesta adecuada era la C y el índice de ganancia de Hake fue 0,59, ubicándose en el rango medio (tabla 1). Para este ítem, el porcentaje de respuestas validas en el postest alcanzó 63,1% frente a 10,5% del pretest. Lo anterior implica que el modelo de gas constituido por partículas que se hallan separadas por espacios vacíos fue asimilado por un buen porcentaje de educandos. Los resultados descritos aquí son ratificados por los obtenidos en la pregunta 10, donde casi 75% de los estudiantes piensan que la razón por la que se desinflan las llantas de un auto fuera de servicio tiene su origen en la naturaleza corpuscular del aire y en la ausencia de fuerzas de atracción entre las partículas de dicha sustancia (véase la segunda generalización). En consecuencia, es posible afirmar que las ideas alternativas de los estudiantes han evolucionado hacia las suposiciones aceptadas por la ciencia respecto a la naturaleza corpuscular y discontinua de la materia.

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 por enseñar es un prerrequisito *sine qua non* para lograr que los estudiantes construyan un aprendizaje significativo. De este modo, la reflexión que hace 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.

Con respecto a la implementación de la orientación del ABP 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 las entidades y procesos que subyacen el comportamiento de 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.

El ABP fomenta espacios de interacción e intercambio de saberes, los cuales permiten al profesor identificar las ideas y modelos alternativos de los alumnos con el propósito de buscar caminos pedagógicos que posibiliten la consecución de las metas de aprendizaje trazadas. Dichos espacios de discusión se convierten gracias a la intervención que realiza el maestro en auténticos contextos de enculturación científica, generando una sensibilización en los estudiantes acerca de los procesos de construcción 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 redundante en una mejor disposición para aprender los contenidos conceptuales.

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 ABP, la cual permite al investigador el acceso a una gran variedad de fuentes documentales que le posibilitan comprender mejor las acciones, interacciones, costumbres y suposiciones de los individuos que hacen parte del fenómeno estudiado.

Finalmente, desde el punto de vista del maestro, 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. La manera de interpretar estas acciones refleja el cambio que se ha producido en el marco teórico del 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.

Declaración de conflictos de intereses

La elaboración y redacción del presente artículo se ha llevado a cabo sin la incidencia de intereses personales o ajenos a la voluntad de los autores, incluyendo malas conductas o valores distintos a los que usual y éticamente tiene la investigación.

Referencias bibliográficas

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

- Borrás, I. (1997). Aprendizaje con la Internet: una aproximación crítica. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (9), 5-13.
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(2), 179-192.
- Candela, B. (2017). Adaptación del instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo) al marco teórico del CTPC. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 12(2), 158-172.
- Candela, B. F. y Ortiz, R. V. (2014). *Aprendiendo a enseñar química: la CoRe y las PaP-eRs como instrumentos para identificar y desarrollar el CPC*. Cali: Universidad del Valle, Programa Editorial.
- Carretero, M. (2000). *Constructivismo y educación*. México: Editorial Progreso.
- Cebreiro López, B. y Morante, M. F. (2004). Estudio de casos. En F. Salvador Mata, J. L. Rodríguez Diéguez y A. Bolívar Botia (dirs.), *Diccionario enciclopédico de didáctica* (pp. 665-668). Málaga: Aljibe.
- Crespo, M. Á. G. y Pozo, J. I. (2000). Las teorías sobre la estructura de la materia: discontinuidad y vacío. *Tarbiya, revista de Investigación e Innovación Educativa* (26), 117-139.
- Díaz Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista electrónica de investigación educativa*, 5(2), 1-13.
- Expósito, J., Olmedo, E. y Cano, A. F. (2004). Patrones metodológicos en la investigación española sobre evaluación de programas educativos. *RELIEVE, Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 10(2), 185-209.
- Furió Más, C. J. y 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. y 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. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(1), 113-29.
- García, J. J. H. y Alzate, O. E. 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. y Gutiérrez, J. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación química*, 15(3), 198-209.
- Hernández, J. G., Herrera, L., Martínez, R., Páez, J. G. y Páez, M. A. (2011). Generación de teoría. Teoría fundamentada. Zulia: Universidad del Zulia, Venezuela. Recuperado de <http://www.eduneg.net/generaciondeteoria/files/INFORMETORIA-FUNDAMENTADA.pdf>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanic's test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Karplus, R. y Thier, H. D. (1967). *A new look at elementary school science: Science curriculum improvement study*. Chicago: Rand McNally.
- Martí i Feixas, J. (2013). Cambios y continuidades en los modelos de actividad científica que utilizan los estudiantes de maestro de Educación Primaria en las secuencias de actividades que planifican. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* (extra), 2142-2147.
- Martínez Parra, Y. R. (2016). *Estrategia didáctica para la enseñanza de la teoría cinética molecular de los gases bajo el modelo del aprendizaje activo* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Niemeyer, B. (2006). El aprendizaje situado: una oportunidad para escapar del enfoque del déficit. *Revista de educación*, 341, 99-121.
- 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.
- Pozo, J. I., Pérez, M. D., Domínguez, J., Gómez, M. A. y Postigo, Y. (1994). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Rubio Moreno, C. A. (2006). *Estrategia Metodológica para el Aprendizaje Significativo de las relaciones del volumen con la presión y temperatura a partir de la Teoría Cinética Molecular de los gases* (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.
- Sampieri Hernández, R., Fernández Collado, C. y Baptista, M. D. (2010). *Metodología de la investigación* (quinta edición). México D.F.: McGraw-Hill.
- Scott, C. L. (2015). *El futuro del aprendizaje 3: ¿Qué tipo de pedagogías se necesitan para el siglo XXI?* Investigación y Prospectiva en Educación UNESCO, París. [Documentos de Trabajo ERF, No. 15].

- 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. y Corbin, J. (2016). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Para citar este artículo: Candela, B. F. y Restrepo, L. E. (2020). Enseñanza de la discontinuidad de la materia a través de la estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas. *Praxis*, 16(2), 199-214. Doi: <http://dx.doi.org/10.21676/23897856.3451>