

Interacción de las representaciones múltiples en el aprendizaje del concepto “energía” en estudiantes de básica primaria

Luisa Fernanda López Salgado¹

Resumen:

El presente artículo expone resultados de investigación sobre el empleo de las representaciones múltiples en los procesos de aprendizaje de conceptos de ciencias naturales en la escuela básica primaria. Se parte de la necesidad de vincular dichas representaciones tanto en los primeros años de formación para la comprensión del entorno, como en diferentes estadios de la vida formativa. Asimismo, se describen los fundamentos de la propuesta y se analizan las construcciones conceptuales en función de sus explicaciones y representaciones, a través de la implementación de una unidad didáctica que posibilita a los estudiantes de básica primaria la construcción, relación y comprensión de representaciones múltiples en conceptos de ciencia.

Las representaciones ofrecen diversas funciones en el aprendizaje de las ciencias naturales; la adecuada introducción y socialización de las mismas construyen y enriquecen las nociones de conceptos propios de las ciencias en los estudiantes. Son, entonces, abordadas como estrategia didáctica en la enseñanza de las ciencias, ya que la incorporación de las representaciones múltiples en el aula, con un empleo adecuado y una correcta interpretación por parte de los maestros, puede suministrar resultados exitosos en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

La metodología del estudio es de carácter cualitativo descriptivo, en el propósito de identificar la interacción y uso de las representaciones múltiples como estrategia didáctica para el aprendizaje de conceptos en ciencias naturales, y analizar las afinidades y discrepancias que emerjan en torno a las representaciones múltiples como estrategia didáctica en el aula.

¹ Maestrante de la Maestría en Educación y Desarrollo Humano CINDE – Universidad de Manizales. Lic. En tecnología e Informática. Docente I.E. Santo Domingo Savio. Email: luifer_1290@hotmail.com

Palabras claves: Representaciones múltiples, aprendizaje, enseñanza de las ciencias, unidades didácticas.

Interaction of multiple representations in learning the concept "energy" in elementary school students

Abstract:

The work presents research results on the use of multiple representations in the learning processes of natural science concepts in elementary school. It starts from the need to link these representations both in the first years of training to understand the environment, and in different stages of the formative life. Likewise, the fundamentals of the proposal are described and the conceptual constructions based on their explanations and representations are analyzed, through the implementation of a didactic unit that enables elementary school students to construct, relate and understand multiple representations. in science concepts.

The representations offer diverse functions in the learning of the natural sciences; their proper introduction and socialization build and enrich students' notions of science-specific concepts. They are, then, approached as a didactic strategy in science teaching, since the incorporation of multiple representations in the classroom, with proper use and correct interpretation by teachers, can provide successful results in teaching processes. and science learning.

The methodology of the study is qualitative and descriptive, in order to identify the interaction and use of multiple representations as a didactic strategy for learning concepts in natural sciences, and analyze the affinities and discrepancies that emerge around multiple representations as didactic strategy in the classroom.

Keywords: Multiple representations, learning, science teaching, didactic units.

Introducción

Los procesos de enseñanza y aprendizaje en las ciencias han ido evolucionando a través del tiempo, permitiendo romper paradigmas como el de la educación tradicional caracterizada por el

transmisionismo y la memorización. Se ha logrado evidenciar que la motivación juega un papel importante en el aprendizaje de los estudiantes, factor que debe ser explotado por los maestros para lograr menos deserción escolar y mejores resultados en su ejercicio de aula.

La percepción desempeña un rol importante en los procesos de enseñanza y aprendizaje, debido a que la interacción de la realidad con la mente de los sujetos se da por medio de los sentidos (Thagard, 2005). Una forma de estimular la percepción son las representaciones múltiples las cuales también son empleadas en áreas del conocimiento como la didáctica para desarrollar procesos de enseñanza y aprendizajes eficaces en todos los niveles escolares, desde la básica primaria hasta la educación superior.

El eje central del estudio del cual se deriva este escrito es cómo interactúan las representaciones múltiples en el aprendizaje del concepto “energía” en estudiantes de básica primaria. Para llegar a explicar este proceso se tienen en cuenta discusiones y posturas de didácticas sobre representaciones múltiples y el aprendizaje de conceptos en ciencias naturales, y con ello la construcción de diversas estrategias a partir de observación, hipótesis y conclusiones que dan partida a nuevos interrogantes en las necesidades de los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes. Desde allí, la investigación abordó dos categorías principales, las representaciones múltiples y el aprendizaje, como nutrientes de la didáctica de las ciencias naturales.

Las representaciones múltiples han sido estudiadas desde la perspectiva de diferentes áreas del conocimiento como la psicología, la lingüística y la didáctica (Tamayo, 2006; Álvarez, 2011; Carriedo, Moreno, Gutiérrez y García-Madruga, 1998; Santamaría, 1989). Estudiar el aprendizaje de las ciencias ha sido preocupación latente de la didáctica, intervenir en el aula y lograr desarrollar aprendizajes en los estudiantes es una labor de planeación en la que se debe identificar cuál estrategia puede ser potente, en este caso se priorizan los énfasis en las representaciones múltiples, proceso de enseñanza y aprendizaje según Álvarez, 2011; Álvarez, 2014; Álvarez y Muñoz, 2015; Álvarez, Álvarez y Chica, 2017; Anderson, Schönborn, du Plessis, Gupthar, y Hull, 2013; Clément y Castéra, 2013; Eliam, 2013; Griffard, 2013, Giordan, 1989; Mazzitelli, Guirado y Chacoma, 2011; Millán, 2016; Ocampo y Tamayo, 2018; Romero y Bonilla, 2018; Roth y Pozzer – Ardenghi, 2013; Schönborn y Bögeholz, 2013; Yan Tsui, y Treagust, 2013; Tamayo y Sanmartí, 2003.

Lograr el objetivo de conocer la interacción de las representaciones múltiples en el aprendizaje del concepto de energía en estudiantes de básica primaria requirió de indagar las

representaciones iniciales que poseen los estudiantes frente al concepto energía, diseñar y aplicar una unidad didáctica centrada en la interacción de representaciones múltiples que permita el aprendizaje del concepto energía, y analizar la pertinencia de una unidad didáctica enfocada en la construcción de representaciones múltiples en el aprendizaje del concepto energía lo cual condujo a hallazgos en los que se evidencia la eficacia de emplear representaciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Enseñanza de las ciencias

La enseñanza de las ciencias es un desafío que lleva al maestro a discutir y repensar la manera en la que los conceptos de ciencias son trabajados en el aula, al igual que las estrategias que implementa en el discurso. La enseñanza de las ciencias en el aula y en un enfoque globalizado, debe posibilitar la transformación de habilidades y/o competencias en la construcción de las relaciones entre el maestro y el estudiante en la escuela. Tal como lo expresa Sanmartí (2002), “El problema básico que se plantea la Didáctica de las Ciencias es cómo enseñar Ciencias significativamente, es decir, cómo promover que la cultura científica generada a través de los siglos pueda ser comprendida por la población, se sepa aplicar y se pueda continuar generando reflexiones” (p.25). Es así como diseñar nuevas experiencias para la enseñanza de las ciencias es fundamental en el quehacer del maestro y en especial en la construcción de nociones que son base fundamental en el aprendizaje.

El ejercicio de aula requiere de un trabajo juicioso por parte de los maestros, no solo en la preparación de sus clases, sino identificando estilos de aprendizaje en los estudiantes. Este es un punto de partida para saber cómo se debe intervenir en el aula. Por otra parte, es esencial identificar qué conocimientos traen los estudiantes de una temática específica.

La enseñanza de las ciencias ha ganado importancia especial en las últimas décadas, trayecto en el cual se han desarrollado posturas epistemológicas en cuanto a lo que es la didáctica. Para Comenio (2010), la didáctica se concibe como un arte que busca comprender, retener y comunicar conceptos, proceso donde reinan las actividades lúdicas y que propicia la memorización de conceptos; a su vez la define como “el artificio universal para enseñar todas las cosas a todos, con rapidez, alegría y eficacia”. Tamayo (2009), adopta la didáctica como una disciplina científica, postura de Toulmin (1977), quien dice que los elementos de una disciplina científica son:

- “Un conjunto de problemas específicos.
 - La existencia de una comunidad profesional crítica.
 - Un punto de vista general y compartido sobre las disciplinas.
 - Estrategias y procedimientos adecuados.
 - Poblaciones conceptuales en evolución vinculadas a los problemas específicos”
- (Toulmin, 1977 citado por Tamayo, 2009, p. 32).

El actuar de la didáctica de las ciencias involucra reflexionar y ver la forma más propicia de direccionar al maestro en su quehacer; reconociendo al estudiante en la exploración, comprensión y apropiación de conocimientos. “Para ello debe describir, analizar y comprender los problemas más significativos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y diseñar y experimentar modelos que ofrezcan posibles soluciones a los problemas educativos” (Tamayo, 2009, p.34).

Debe ser propósito en la escuela innovar en el aula, romper paradigmas de modelos tradicionales y reinventar los procesos de enseñanza y aprendizaje, tarea difícil ya que se evidencia la resistencia al cambio por parte de directivas institucionales apegadas a la norma. Como se evidencia en el numeral cuatro de los postulados de Toulmin citado por Tamayo (2009), se deben crear “estrategias y procedimientos adecuadas” en el aula de clase.

Parolo, Barbieri y Chrobak (2004), señalan el gran desafío que tienen las instituciones educativas de brindar experiencias educativas de impacto que capten la atención en cada uno de los estudiantes. La misión de las instituciones educativas, y en especial bajo la batuta de los maestros está en el diseño de estrategias didácticas altamente eficaces al momento de motivar y captar la atención de los estudiantes de una asignatura.

En este sentido el propósito de los maestros es orientar y acompañar a los estudiantes en los procesos de aprendizaje, ayudarlos a que adquieran conocimiento o desarrollen un concepto nuevo de forma gradual, en tanto los estudiantes, exigen a sus maestros acceso a la información para formar y posteriormente aprender conceptos (Duschl, 1995).

“La escuela, de manera particular los maestros de Ciencias Naturales, son los llamados a abrir ese mundo de explicaciones fundamentadas en los conocimientos científicos que hasta ahora numerosos estudiantes no conocen y se convierten en una de las razones por las cuales muchos de ellos explican fenómenos a partir del conocimiento cotidiano. La enseñanza de las ciencias en el aula y con una visión globalizada, debe permitir el alcance de habilidades y/o

competencias que, además de ser necesarias dentro del campo académico, lo son más en la construcción de las relaciones entre pares fuera de la escuela, en la construcción del tejido social. Generar los espacios necesarios para el debate, la confrontación de ideas, el conocimiento de otras disciplinas, un cambio en la forma de ver la ciencia es un acto que podría abrir la puerta a la elaboración de preguntas en la mayoría de las ocasiones se quedan en la mente de los estudiantes. No es solo responder, es llevarlos a la construcción de una respuesta más cercana al conocimiento científico” (Romero y Bonilla, 2018, p. 43).

Diseñar estrategias didácticas en los diferentes niveles escolares es una labor dispendiosa, cada grupo de estudiantes y nivel académico trae características muy diferentes, no es lo mismo enseñar en básica primaria, básica secundaria y educación superior; aunque se puede enseñar con la misma estrategia, por ejemplo, representaciones múltiples, implementarlas en básica secundaria presenta características muy diferentes que trabajarlas en educación superior (Álvarez, 2011; Romero y Bonilla, 2018). Ahora es el turno de implementar intervenciones didácticas en estudiantes de básica primaria que empleen las representaciones múltiples como su eje central, buscando romper paradigmas tradicionalistas.

En este orden de ideas, la elaboración e implementación de nuevas estrategias de enseñanza, deben facilitar el enrutamiento de las actividades de la escuela en el proceso de enseñanza. Sanmartí, (2002) plantea:

Para la Didáctica de las Ciencias esta visión de la ciencia implica poner el acento de la actividad escolar en la construcción de modelos por parte de los alumnos, modelos que les proporcionen una buena representación y explicación de las características de los fenómenos. Estos modelos de la ciencia escolar irán evolucionando a lo largo de la escolaridad (y de toda la vida) (p. 48).

El proceso de la enseñanza de las ciencias debe aportar a la apropiación crítica del conocimiento científico y a que a la vez se generen ambientes que susciten actitudes positivas en el aprendizaje de las ciencias (Tamayo y Orrego, 2005). Para abordar el proceso de enseñanza de las ciencias en el aula, es preciso tener en cuenta las concepciones de los estudiantes; partir de esto, puede aportar al maestro nociones sobre cuáles son los elementos más importantes que debe considerar en su discurso, que le permitan desarrollar y potenciar habilidades necesarias que posteriormente se traducirán en ideas y conocimientos más estructurados de su aprendizaje. Tal como lo expone Duschl, (1995), “al trabajar a partir de las ideas aportadas por estudiantes, los

maestros están en una mejor posición para diagnosticar tanto las estructuras de conocimiento como las estrategias de razonamiento de los estudiantes” (p. 4).

Sanmartí (2002), plantea que para aprender ciencias es necesario evolucionar las formas de percibir los fenómenos que están a nuestro alrededor, de discutir sobre ellos, de razonar, e incluso de sentir y percibirlos. Los escenarios que pueden favorecer estos cambios y reestructuraciones se destacan en los procesos de autorregulación, ya que es el propio estudiante quien aprende a reconocer las incoherencias y a regularlas para lograr un conocimiento que pueda discutir y preservar. Es allí que las interacciones propuestas por el maestro deben ser acordes al contexto de los estudiantes para facilitar la evolución de las representaciones iniciales y poder profundizar en el aprendizaje. Entre otros componentes importantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje, encontramos el diseño y realización de actividades de motivación, experimentación, representación y discusión que deben entrelazarse para fortalecer los conocimientos de los estudiantes, y así dar sentido y significado a la actividad escolar dirigido al desarrollo de aprendizaje profundo en ciencias.

Por otra parte, es indispensable que el maestro diseñe procesos de enseñanza que le permitan al estudiante transformar las representaciones iniciales (concepciones), y lo lleven a alcanzar el aprendizaje de los conceptos en ciencias. Es evidente que las clases de tablero y marcador son rutinarias y a la vez truncan la motivación y creatividad del estudiante, por consiguiente el maestro debe estructurar actividades innovadoras, fuera de lo común y con propósitos claros, en este caso permitir el aprendizaje de los conceptos; es en esta etapa del trabajo de aula en la que implementar representaciones múltiples en las intervenciones de aula es una estrategia idónea, ya que sale de lo común, motiva al estudiante, capta su atención, lo incita a participar activamente en su propio proceso de aprendizaje y se rompe el paradigma de la educación tradicional. Los procesos de enseñanza y aprendizaje son más significativos cuando se implementa en las intervenciones de aula el empleo de representaciones como las representaciones simbólicas, los mapas, los dibujos, las gráficas entre otras (Giordan, 1989).

Dado que la enseñanza y aprendizaje requiere de una constante evaluación de los procesos para constatar la evolución del aprendizaje del concepto abordado, se propone implementar en el aula el empleo de las representaciones múltiples, las cuales aparte de servir como enseñanza y aprendizaje, también pueden ser empleadas en los procesos evaluativos (Álvarez, et al., 2017).

Tamayo (2006) afirma que “para llegar a reconocer de manera cuidadosa las representaciones de los estudiantes sobre un hecho o fenómeno determinado se requiere, de parte del maestro, un conocimiento detallado acerca de los aspectos conceptuales específicos, los cuales en unión con el conocimiento del maestro sobre la epistemología de la ciencia, las ciencias cognitivas y las motivaciones e intereses de los estudiantes frente a los conceptos estudiados, permiten una diferente conceptualización sobre la enseñanza” (p. 6).

Conocer las representaciones de los estudiantes es un requisito fundamental, permite que el maestro contextualice sus cursos y las temáticas que va a orientar, una vez logrado esto, se estructuran las intervenciones didácticas, las cuales deben ir enfocadas a sanear los vacíos conceptuales identificados en los estudiantes.

Las representaciones múltiples en la enseñanza y aprendizaje

Las representaciones múltiples (RM) han sido de gran interés para diferentes áreas del conocimiento, entre las que resaltan la didáctica, la filosofía, las ciencias cognitivas, y la semiótica, cada una tratando de definirlas. En el presente documento se adopta la postura de las ciencias cognitivas, que conciben las representaciones como elemento esencial para el almacenamiento de información en el aprendizaje (Álvarez, 2011; Álvarez y Muñoz, 2015; Álvarez et al., 2017). Para Tamayo (2006) “Desde la perspectiva de las ciencias cognitivas, las *representaciones* son consideradas como cualquier noción, signo o conjunto de símbolos que significan algo del mundo exterior o de nuestro mundo interior. Podemos representar en nuestra mente algo que percibimos con nuestros sentidos, algo que vemos, olemos o sentimos, como también algo que nos imaginamos” (p. 39).

Para López, Saldarriaga y Tamayo (2007), las representaciones son una construcción de diferentes sistemas de expresión conformados por diversas formas como: diagramas, representaciones gráficas, representaciones tridimensionales, notaciones simbólicas, números, entre otras. Cada persona tiene formas propias de expresión y a la vez estas son una guía para comprender como las personas interiorizan la información y alcanzan a desarrollar su aprendizaje.

No todas las personas emplean los mismos sistemas de expresión y de codificación de la información, en consecuencia, los estilos de aprendizaje pueden variar y por ello el maestro debe cambiar constantemente los procesos de enseñanza. Innovar es la clave, razón por la cual los

diferentes modos de representación son trascendentes en la enseñanza. Tsuit y Treagust (2013), exponen que las representaciones empleadas tanto en la enseñanza como en el aprendizaje deben ser abordadas bajo unos lineamientos de conjugación, las representaciones no deben ir desarticuladas entre sí, sino trabajar en pares, por ejemplo, fotografías – animaciones, dibujos – diagramas, gráficos – diagramas, tablas – ecuaciones, entradas y salidas lingüísticas. Trabajar con las representaciones de esta manera permitirá acudir a dos formas de codificar la información en el proceso de enseñanza y aprendizaje, el maestro debe orientar las actividades con representaciones de forma intencional, la improvisación no es una opción en la selección e implementación de representaciones como estrategia didáctica.

Anderson et al. (2013), afirman que las representaciones son altamente eficaces en los procesos de aula cuando se trabajan articuladas con conceptos específicos de un saber determinado y con un pensamiento que puede ser de corte hipotético – deductivo o tan solo un razonamiento deductivo.

Las representaciones múltiples están clasificadas en dos internas y las externas (ver figura 1), indispensables en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Tamayo, 2006; Álvarez y Muñoz, 2015; Álvarez et al., 2017), y por ello la necesidad de considerarlas en las actividades de aula.

Las representaciones internas se encuentran alojadas en la mente de las personas (maestros y estudiantes); se centran en imágenes mentales que son captadas por la percepción (Duval, 2004). Para estructurar las representaciones internas es esencial el rol que desempeña la percepción, los cinco sentidos son el vehículo entre el mundo externo o el contexto y la mente del estudiante, es ahí donde el pensamiento se empieza a consolidar (Álvarez, et al., 2017).

Tal y como se evidencia en la figura 1, las representaciones internas están conformadas por: las fantasías, creencias, imágenes, guiones, modelos mentales, nociones, conceptos e ideas. Cada una de ellas alojada en la mente, se encuentra en el interior de las personas de forma abstracta en el pensamiento. Las representaciones externas son aquellas que son elaboradas por maestros y estudiantes, entre las cuales se encuentran los mapas, dibujos, notaciones simbólicas, diagramas, descripciones, entre otras (ver figura 1). Esta clase de representaciones son las que empleamos para expresar nuestros conocimientos, pensamientos, etc.

Tamayo (2006), afirma que las representaciones externas, son empleadas con propósitos netamente comunicativos. Elian (2013), plantea que el empleo de las representaciones externas, por ejemplo, las imágenes, pueden dificultar el aprendizaje, debido a características del estudiante,

complejidad y estructura de la representación, forma del empleo de las representaciones por parte del maestro al momento de enseñar.

La ausencia de la intencionalidad al momento de emplear representaciones externas por parte del maestro conlleva a un deterioro en la comunicación de conceptos científicos en el aula, desmotivando al estudiante en su proceso de aprendizaje.

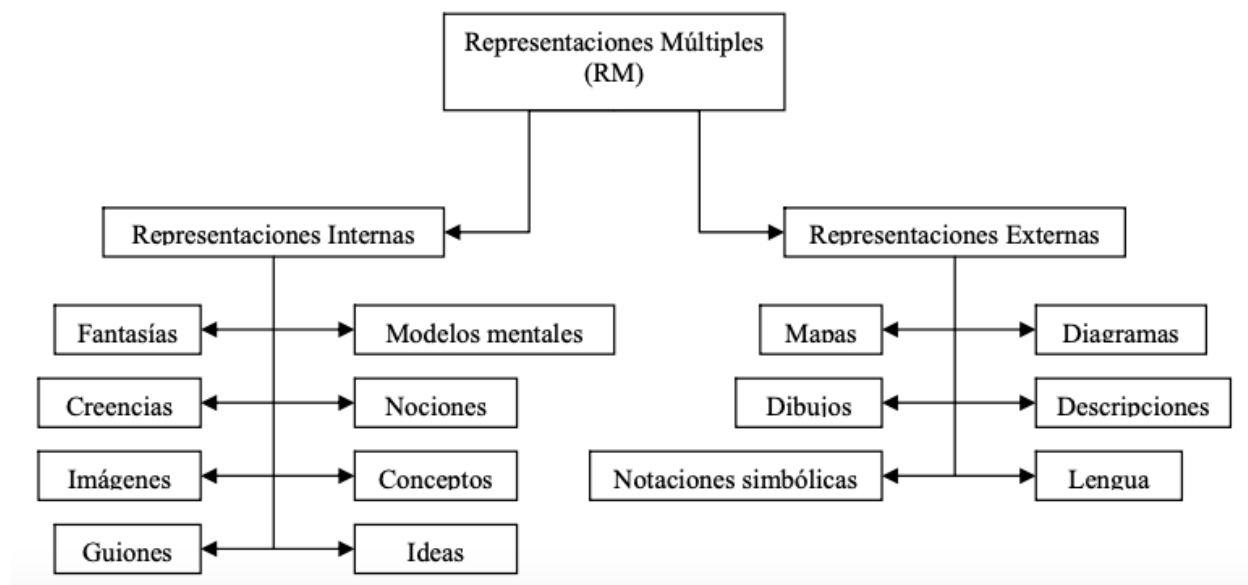


Figura 1. Taxonomía de las representaciones²

La responsabilidad del maestro es inmensa al momento de trabajar con representaciones externas, él es el encargado de llevar a sus estudiantes al aprendizaje. Es común encontrarse en el aula variedad de textos académicos, cada uno de estos conformado por una gran variedad de representaciones externas, entre las que se encuentran: las representaciones decorativas, ilustrativas, explicativas y comparativas (Roth y Pozzer – Ardenghi, 2013). Ahora bien, transformar dichas representaciones externas plasmadas en textos de forma bidimensional a un modelo tridimensional en la mente del estudiante es un trabajo de mucha atención.

Aunque es evidente que no toda la responsabilidad del aprendizaje depende solo del maestro, también los estudiantes deben poner de su parte, el maestro los orienta en la estrategia de las representaciones múltiples para que las implementen en sus procesos de estudio, llevando así a un

² Figura tomada de Álvarez y Muñoz, (2015, p. 125)

trabajo colaborativo del aprendizaje entre maestros y estudiantes (Álvarez, 2014; Álvarez y Muñoz, 2015).

Las realidades de las representaciones múltiples en las aulas

Los procesos de enseñanza requieren de elementos fundamentales, la planeación y la intencionalidad, cada una de las estrategias empleadas por los maestros en el aula deben ser pensadas en forma de proyección futura que permita predecir posibles dificultades y potenciales resultados que dicha estrategia pueda llegar a generar; es evidente que mucho maestro repite las mismas planeaciones por años sin hacer actualizaciones pertinentes en cuanto a contenidos, conceptos y en especial estrategias didácticas, llevando a la continuidad de clases de tablero y marcador, resolución de guías desde una perspectiva conceptual y poco crítica, a memorizar y poco aprender. Cada clase debe ser pensada en estrategias didácticas que propicien desarrollar procesos de aprendizaje pertinentes a cada área del conocimiento, y a la vez la consolidación de aprendizajes en el estudiante, estrategias didácticas que han de ser estructuradas con intencionalidad, reduciendo al máximo la improvisación por parte del maestro.

La experiencia de la autora del presente documento le permite afirmar que buen número de maestros aplican estrategias didácticas de forma inconsciente que por tanto se desperdician cuando bien empleadas podrían ser altamente eficaces. En las clases se emplean representaciones tanto por maestros como por estudiantes, se dibuja, por ejemplo, un molino de viento para el concepto de energía eólica, mas se queda corta la intencionalidad y potencialidad del ejercicio.

Las representaciones deben ser implementadas en el aula como estrategia planeada e intencional, permitir que el estudiante transite por diferentes representaciones y evitar que se quede estancado en una sola y con ello que al final más que una actividad que le aporte en su aprendizaje se convierta en activismo (Álvarez, 2014; Álvarez, et al., 2017). En términos de Duval (2004), y Tamayo (2006), se debe trabajar con diferentes tipologías de representaciones que permitan potenciar el aprendizaje, es decir, el empleo de una representación pictórica como un dibujo, transformarla en una red semántica o alguna clase de mapa conceptual.

Transitar de una representación proposicional tipo lenguaje a una pictórica como una figura es una estrategia altamente potente que permite a los estudiantes aprender conceptos complejos en áreas como las ciencias naturales, la matemática, la física, entre otras (Álvarez, 2014, Álvarez, et

al, 2017, Tamayo, 2006). La posible dificultad del proceso es que el maestro caiga en actividades sin planeación.

Son muchas las actividades de aula que pueden ser realizadas por maestros y estudiantes implementando como estrategia central las representaciones múltiples, entre estas encontramos: procesos de comunicación de aula que permiten exteriorizar las representaciones internas de cada uno de los actores del aula (Álvarez y Muñoz, 2015; Duval, 2004), identificar las representaciones iniciales (concepciones alternativas) de los estudiantes (Giordan, 1989; Álvarez, 2013), nutrir los procesos de enseñanza y aprendizaje (Nappa, Insausti y Sigüenza, 2005), y también pueden ser empleadas para la preparación de cursos (García y Flores, 2005), detección de errores conceptuales y dificultades en el aprendizaje (Álvarez, et al., 2017, Serrano, 1987).

Identificado lo que pueden aportar las representaciones múltiples en los procesos de enseñanza y aprendizaje es indiscutible que estas deben ser incorporadas como estrategia por excelencia en los procesos de aula. Permiten formar la mente del estudiante, proceso gradual que parte de representaciones básicas adquiridas por el contexto de cada uno de los estudiantes; por medio de las intervenciones de los maestros emergen nuevas representaciones que se van fusionando con las que traían los estudiantes, permitiendo de esta forma desarrollar una evolución representacional y llegar a representaciones más complejas como proceso mental de cada individuo, complejo representacional denominado cognición (Álvarez, 2011).

Las representaciones múltiples son trascendentales en la didáctica, permiten el desarrollo de aprendizajes en los estudiantes por medio de estrategias didácticas estructuradas por los maestros y a su vez, pueden ser empleadas como técnica de estudio; se desarrolla un proceso de categorización de la información, formación conceptual, aprendizaje, llegando a posibles cambios o evoluciones conceptuales (Álvarez, et al., 2017).

Interacción de las representaciones en el aprendizaje

Entre las posturas abordadas frente a la teoría del aprendizaje, las más conocidas son el aprendizaje significativo, cambio conceptual, evolución conceptual, aprendizaje superficial, aprendizaje profundo. Para la investigación fuente de este artículo se tomó el aprendizaje profundo, considerado contemporáneo y acorde a lo que se encuentra en los entornos de aula.

El aprendizaje profundo parte de la experiencia que vive el sujeto, construyendo por él mismo el conocimiento, no aprende de la experiencia del otro, se aprende construyendo las propias experiencias y es a partir de esta experiencia el significado que le damos al mundo (Ortega y Hernández, 2015, p.215).

El aprendizaje profundo también ha sido denominado aprendizaje de calidad por la serie de procesos que se deben realizar para alcanzarlo: el monitoreo constante al estudiante frente a los conceptos y su articulación con el contexto, y la unificación de diferentes conceptos que provienen de experiencias del estudiante fuera del aula más los nuevos conceptos adquiridos por medio de las intervenciones del maestro. Acá las representaciones juegan un papel realmente importante, permiten en tanto estrategia didáctica tomar como partida representaciones iniciales de los estudiantes y evolucionarlas a aprendizajes profundos.

La apropiación conceptual y su empleo en la vida real es ejercicio que requiere ser juicioso por parte del maestro, los estudiantes presentan tendencia a la memorización, pasar de procesos de incorporación de la información por medio de la percepción (los cinco sentidos), llevarla a una memoria funcional, a una memoria de corto plazo, alcanzando una memoria a largo plazo (Thagard, 2005). El interés es romper este paradigma de lo memorístico y llegar al aprendizaje profundo el cual requiere de un trabajo interdisciplinar y de un empleo de estrategias didácticas bien implementadas, como por ejemplo las representaciones múltiples.

La interdisciplinaridad permite alcanzar un aprendizaje profundo en estudiantes, cada área del conocimiento permite hacer aportes significativos para llegar a aprendizajes de calidad, de hecho, el aprendizaje profundo es abordado y estudiado por diferentes áreas del conocimiento como: la antropología educativa, la neurociencia, la psicología del aprendizaje, la semiótica, la lingüística, la epistemología, la inteligencia artificial, la sociología educativa, la pedagogía y la didáctica (Bransford, Barron, Pea, Meltzoff, Kuhl, Bell, Stevens, Schwartz, Vye, Reeves, Roschelle, y Sabelli, 2006).

“En la enseñanza de las ciencias el profesorado debe entonces diseñar estrategias de clase que tengan como objetivos promover que los estudiantes alcancen la autonomía sobre su proceso de aprendizaje, generando espacios donde se confronten ideas y se resuelvan problemas. Cuando se logran, entonces, aprendizajes a profundidad se está promoviendo también el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes que es posible evidenciar en la capacidad para autorregular y monitorear sus formas de pensar, hacer y actuar al momento

de resolver un problema auténtico” (Palacios, Restrepo, Mena y Madera, 2018, p. 34).

Una pregunta que se hacen constantemente los maestros es ¿cómo saber si el estudiante ha alcanzado un aprendizaje profundo o de calidad frente a una temática específica o área del conocimiento?, la respuesta se da en ciertas características que el estudiante logra desarrollar, entre estas la argumentación, interpretación, análisis y la demostración de cada uno de los conceptos, temáticas y áreas del conocimiento.

Las representaciones múltiples pueden ser ese vehículo que propicie el desarrollo del aprendizaje profundo, pueden ser empleadas como estrategia de argumentación y análisis de información (contenidos), por otro lado, permiten interpretar lo que expresan los maestros y lo que se encuentra en la literatura específica en un proceso de comunicación bidireccional, y por ende demostrar que tanto aprendieron los estudiantes ya que acuden a expresar por medio de representaciones pictóricas y/o representaciones proposicionales tipo lenguaje que tanto han ido evolucionando en los saberes específicos y las respectivas temáticas que los conforman. A mayor profundidad de los escritos y estructura más completa y desarrollada de las representaciones pictóricas más elevado es el aprendizaje del estudiante.

En otras palabras, las representaciones múltiples serán el medio para interiorizar lo que nos encontramos en el contexto y a su vez permitirán expresar lo que tenemos en nuestra mente (representaciones internas), proceso fundamental en el aprendizaje.

Implementación de unidades didácticas basadas en representaciones múltiples

El trabajo de unidades didácticas tiene como propósito realizar intervenciones de aula significativas para maestros y estudiantes; como característica principal se alejan de modelos tradicionalistas transmisionistas de la enseñanza y aprendizaje. Es evidente que los estudiantes en las clases de tablero y marcador (tradicionales), el estudiante se encuentran en un estado pasivo, mientras que el maestro entra a ser el protagonista con sus intervenciones. Por ello se propone con las unidades didácticas nutrir un modelo constructivista que salga del paradigma de lo tradicional. Álvarez (2013), afirma que “Con el modelo constructivista adoptado en el aula se pretende desarrollar en los estudiantes pensamiento científico y crítico de las problemáticas actuales en ciencias naturales, medio ambiente y matemáticas” (p. 119).

Tamayo, Vasco, Suarez de la Torre, Quiceno, García y Giraldo (2011) proponen:

Al ser la enseñanza una actividad que involucra distintas entidades y no una actividad de transmisión de información, vemos la necesidad de abordar la educación de las ciencias desde una perspectiva constructivista y evolutiva, en la cual se integren aspectos tales como: la historia y epistemología de los conceptos, las ideas previas de los estudiantes, la reflexión metacognitiva, los múltiples lenguajes que incluyen las TIC y el proceso de evolución conceptual como aspecto que permite una evaluación formativa, la transformación del conocimiento del pensamiento inicial y final de los maestros y de los estudiantes (p. 106).

Este modelo es estructurado por elementos como: la exploración de ideas previas, historia y epistemología de conceptos, múltiples modos semióticos y TIC, reflexión metacognitiva, y evolución conceptual (Ver figura 2)

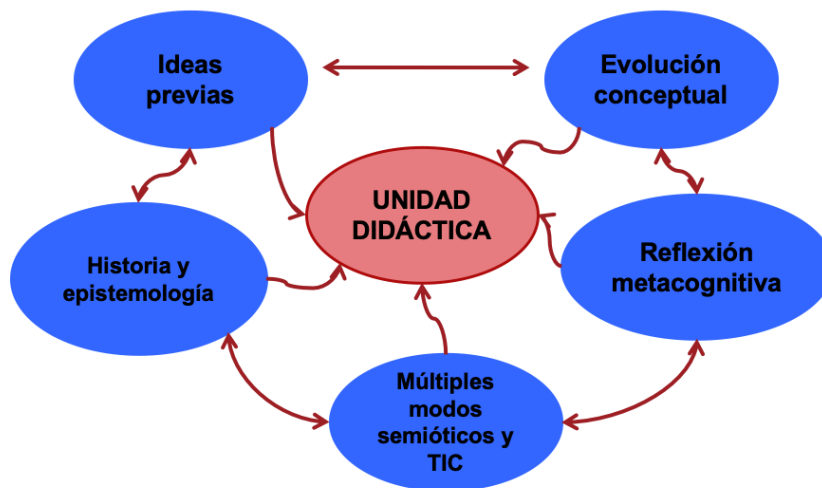


Figura 2. Modelo de unidad didáctica y sus diferentes elementos³

Posteriormente Álvarez (2013), a modo de complementar dicho modelo incursiona en plantear uno de unidad didáctica gradual y por momentos, en el cual se incorporan los componentes de Tamayo et al., (2011) y se plantea que estos elementos deben ser expresados en actividades que a medida que van pasando de nivel el grado de dificultad de cada actividad aumente (Ver figura 3).

³ Modelo Tomado de Tamayo et al., (2011, p. 106)

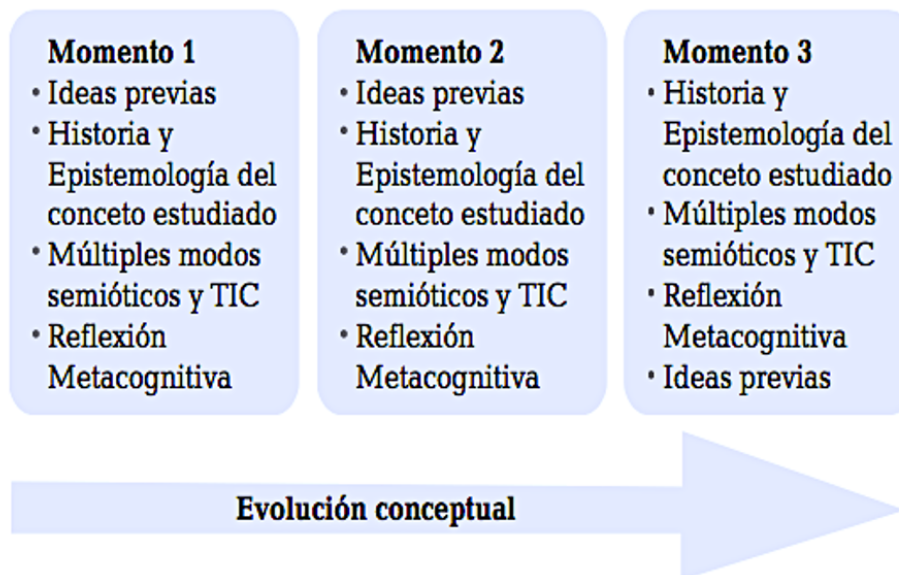


Figura 3. Modelo de unidad didáctica por niveles y grados de dificultad ⁴

A efectos de la investigación fuente de este artículo, se acogió el modelo de Álvarez (2013), incorporando ajustes acordes a intereses del estudio desarrollado. La investigación tomó como punto de referencia la postura de “aprendizaje profundo”, tomó distancia del concepto “ideas previas” y adoptó el de concepciones alternativas o representaciones iniciales, al igual que el de “evolución conceptual” cambiado por aprendizaje profundo o aprendizaje de calidad.

Es necesario considerar que este estudio al estar interesado en investigar la interacción de las representaciones múltiples en el aprendizaje del concepto “energía”, debe estructurar la unidad didáctica en cada uno de sus elementos y momentos por medio de actividades de corte representacional, trabajando con representaciones externas pictóricas (figuras y gráficas) y representaciones proposicionales tipo lenguaje (representaciones externas lingüísticas).

Con la unidad didáctica centrada en el trabajo con representaciones en cada una de sus etapas lleva a que el estudiante de forma gradual y constante adquiera aprendizaje de calidad en conceptos como el de energía.

⁴ Imagen tomada de Álvarez (2013, p. 132)

Metodología

El estudio realizado fue de corte descriptivo cualitativo, en el que se determinó la interacción de una unidad didáctica centrada en la implementación de representaciones múltiples sobre el concepto “energía”, en las representaciones iniciales de los estudiantes frente a este concepto de las ciencias naturales. Por otra parte, el análisis se basa en elementos cualitativos con el propósito de lograr una comprensión más detallada de las interacciones de las representaciones iniciales de los estudiantes y los conceptos enseñados por parte del maestro. De acuerdo con la literatura la investigación corresponde a un estudio cualitativo longitudinal, se trabajó observando los cambios de los estudiantes en cuanto al aprendizaje del concepto abordado (Creswell, 2014; Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

El estudio fue realizado en 3 momentos:

Momento 1: Representaciones iniciales de los estudiantes frente al concepto energía: Se aplicó un test para conocer las representaciones iniciales o concepciones alternativas de los estudiantes de 4º de básica primaria sobre el concepto “energía”. La actividad realizada se caracterizó por presentar situaciones problema basadas en circunstancias de la vida cotidiana que involucran el concepto estudiado. Las diferentes situaciones presentadas en el test exploraban diferentes clases de energía: energía física, energía química.

Momento 2: Intervención didáctica: Constó de una unidad didáctica conformada por 3 momentos, cada uno de estos estructurado por 4 actividades, para un total de 12 actividades en toda la unidad didáctica. En cada una de estas actividades se propuso a cada uno de los estudiantes realizar diferentes tipos de representaciones acerca del concepto energía, en otras palabras, las actividades estaban enfocadas a la realización de representaciones proposicionales tipo lenguaje, gráficas y figuras, sobre las diferentes clases de energía: térmica, sonora, lumínica, eléctrica, magnética, eólica y biológica. De esta manera los estudiantes logran establecer la diferencia entre cada una de las energías abordadas en clase, lo que cada una de ellas significaba en cuanto a lo conceptual y cómo se transforman. Las doce actividades implementadas en la unidad didáctica hacían el tránsito de representaciones tipo lenguaje a representaciones pictóricas o viceversa.

Momento 3: Análisis de la interacción de las representaciones múltiples en el aprendizaje del concepto energía: el análisis realizado fue un proceso directo entre la exploración de las representaciones iniciales (concepciones alternativas) y las representaciones

finales producidas por los estudiantes. Lo anterior permitió distinguir que clase de representación se les hacía más fácil a los estudiantes y cuál más dispendiosa.

Las categorías de la investigación que fueron insumo para realizar el análisis de la investigación fueron: representaciones proposicionales, representaciones gráficas, figuras, y aprendizaje.

Análisis y discusión

La investigación se realizó en una institución educativa del municipio de Chinchiná, Caldas (Colombia) con una población de cinco estudiantes de 4° de básica primaria. A continuación, se presenta a detalle uno de los cinco casos estudiados. Se culmina con un análisis detallado a partir de las categorías: representaciones proposicionales, representaciones gráficas, figuras, y aprendizaje. Por efectos de extensión del escrito se toma como ejemplo el caso del Estudiante 1; los casos 2, 3, 4 y 5 quedan consignados en el documento original, más amplio en todas sus partes.

Análisis de Estudiante 1: En el caso de este estudiante se observan características generales las cuales permiten identificar que piensa en cuanto a concepto “energía”. Esto se logró gracias a todas las actividades realizadas durante las cuatro semanas en las que se orientó la temática de “energía”, permitiendo así detectar progresos en cuanto a: a) *conceptos claros y detallados de las clases de energía abordadas -térmica, sonora, lumínica, eléctrica, magnética, eólica y biológica-* (Navarro, et al., 2013; Doménech, et al., 2003); b) *transito o transformación de una representación tipo lenguaje a una pictórica o viceversa sin dificultad* (Tamayo, 2006; Duval, 2004; Álvarez y Muñoz, 2015); c) *empleo consciente al momento de emplear las diferentes clases de representaciones* (Álvarez, 2011; Álvarez, et al., 2017); d) *alcanzar un aprendizaje profundo o de calidad del concepto energía* (Bransford, 2006; Álvarez, 2013).

Este análisis corresponde a los tres momentos del estudio: representaciones iniciales de los estudiantes frente al concepto energía, intervención didáctica, análisis de la interacción de las representaciones múltiples en el aprendizaje del concepto energía.

La forma en la que se intervino fue aplicando el mismo instrumento al momento de explorar representaciones iniciales (momento 1), y después de implementada la unidad didáctica, como una estrategia de evaluación, así se permite determinar el aprendizaje del concepto y analizar la interacción de las representaciones múltiples en el aprendizaje del concepto energía (momento 3).

- a. conceptos claros y detallados de las clases de energía abordadas:** al momento de realizarse por parte del maestro la exploración de representaciones, se encontró que en el estudiante no existía claridad en cuanto a los conceptos, tenía una concepción vaga del concepto estudiado debido a que limitaba el concepto solo a lo relacionado con la corriente eléctrica en viviendas, alumbrado público, entre otros.

11 P3 El ¿De dónde crees que proviene la energía?

11 R3 El de la che y los postes de energia y de los postes de energia para darnos luz a todos o de las bombillas a las baterias de las motos para las luces para que no se choquen tambien hay la luz del sol y gracias a los cables que llega la energia a los bombillos de la casa o mas cosas tambien del fuego nos da luz cuando estamos acampando⁵

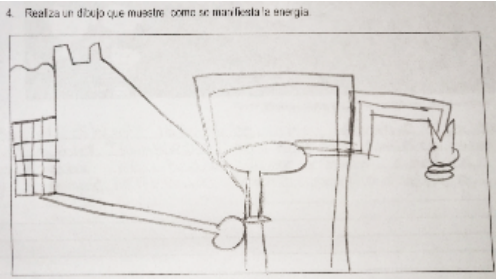

El estudiante considera que la energía proviene de una empresa que suministra el servicio, contexto en el cual ellos se encuentran constantemente, esta es una representación proposicional en la cual se encuentra que no hay una conexión entre ideas, arrojando ideas descontextualizadas una entre la otra (Duval, 2004; Álvarez, 2011, Álvarez, 2014). Después de la intervención didáctica se observa que el estudiante demuestra una conceptualización más centrada y organizada.

13 R3 El de los embalces del viento del sol de las corrientes del agua de los tendidos electricos

En la respuesta planteada por el estudiante se encuentra una apropiación más profunda del concepto, aunque más sintética, tal y como la plantean Álvarez y Muñoz (2015), cuando exponen que las representaciones múltiples poseen un impacto bidireccional al permitir que el estudiante categorice, forme conceptos y llegue a aprendizajes profundos, partiendo de concepciones del estudiante a saberes específicos.

⁵ Se citan textualmente las respuestas del estudiante conservando su redacción y ortografía en el proceso de transcripción de los instrumentos. Este proceso se realizará de ahora en adelante cada vez que se citen respuestas del estudiante.

Desde las representaciones pictóricas también se evidencia en el estudiante un refinamiento en cuanto a su representación inicial versus la final, donde se encuentran avances significativos en cuanto a estructura y contenido conceptual.

<i>II P4 E1 Realiza un dibujo que muestre como se manifiesta la energía.⁶</i>	
<i>II R4 E1</i>	<i>13 R4 E1</i>
 <p>4. Realiza un dibujo que muestre como se manifiesta la energía</p>	 <p>4. Realiza un dibujo que muestre como se manifiesta la energía</p> <p>El fuego de la fogata el sol refracta la lupa y quema el papel</p>

Se evidencia el avance del estudiante, debido a que su representación pictórica inicial (II R4 E1), es poco estructurada y a su vez refleja poco contenido conceptual, debido a que enuncia como se transporta la energía eléctrica. En la respuesta dada al instrumento tres se evidencia una mayor apropiación del concepto “energía” y sus manifestaciones al representar dos fuentes diferentes de energía y sus características. Es así como la intervención didáctica por medio de representaciones múltiples en el proceso continuo de aprendizaje es primordial, tal y como lo plantea Roth y Pozzer – Ardenghi (2013), quienes destacan que a través de los dibujos (representaciones pictóricas), se presenta una inseparable relación secuencial del contenido en el transcurso del proceso de enseñanza y aprendizaje.

b. Transito o transformación de una representación tipo lenguaje a una pictórica o viceversa sin dificultad

Aprender es un proceso que requiere pasar de un tipo de representación a otra, hacer una transmutación coherente, transformarse, esto permite afianzar el conocimiento y nutrir el aprendizaje de conceptos (Duval, 2004; Tamayo, 2006). A los estudiantes se les pidió pasar de una

⁶ Producción gráfica del Estudiante 1 del presente estudio

representación pictórica a una proposicional, y así evidenciar posibles obstáculos conceptuales y representacionales.

II P9 El Observa con cuidado el siguiente dibujo. Luego escribe un cuento corto donde expliques qué tipo de energía impulsa al barco para desplazarse.



Figura 4. Imagen del instrumento 1 y 3⁷

II R9 El barquito feliz. era una vez un barquito estaba muy feliz y salia a nabegar cuando en el camino dijo que comen las ballenas y el haceindo tantas preguntas a el que pasara por su camino y desia ¿Qué comen las ballenas? Y nadie le respondia y ella no sabia como eran las ballenas hasta que paso por lo mas profundo del mar y vio una ballena pero el no sabia que era una ballena fue y le pregunto hola señora ¿usted sabe que come n las ballenas? Ella le respondio yo soy una ballena y yo te dire que comen las ballenas acercate cuando se acerco ella le dijo acercate mas para que me escuches el con miedo se acerco a su boca y abrio su boca y dijo ayuda alluda me ba a comer una ballena y se quedo enserrada en la barriga de la ballena y cuando la ballena abrio su boca y salio ella gritando soy libre y contenta volvio a su casa feliz. Fin

El estudiante expresa en su respuesta un concepto muy diferente al solicitado debido a que expone que el barco (Ver figura 4), es un medio de transporte que tiene vida y que va por el mar

⁷ Imagen tomada de <https://www.pinterest.co.kr/pin/801992646132847678/>

preguntando ¿qué es una ballena?, una respuesta totalmente diferente a lo que se le preguntó. No se encuentra presente el concepto de energía en su narración, aunque es evidente que si implementa una representación proposicional descontextualizada.

En el instrumento tres, se encuentra en el estudiante un gran avance debido a que en su respuesta da una concepción del concepto energía más en contexto de lo que se esperaba al inicio, en el cuento que crea el estudiante en esta oportunidad narra el tipo de energía que impulsa al barco en su recorrido, en este caso, energía eólica, además habla de la energía cinética en su narración.

I3 R9 E1 erase una vez un barquito que queria conoser la energia el viajo para saber que es la energia el biajo asta un pueblo muy lejano aya avian muchos barcos como el havia un barquito muy tierno entonces le pregunto que es la energia el barquito tieno le dijo hola la energia tiene muchos tipos hasta tu tienes energia y es eolica porque tu tienes bela y gracias al viento tu te mueves y cuando te mueves haces energia sinetica.

Es así como la implementación de representaciones pictóricas y proposicionales tipo lenguaje son de gran valor para la construcción constante de conceptos específicos. Álvarez (2011), expone que toda persona posee algunos saberes ya estructurados los cuales se van nutriendo durante la formación académica y a través del tiempo y se fortalecen en la combinación de representaciones verbales, escritas, o gráficas.

c. Empleo consciente al momento de emplear las diferentes clases de representaciones

El trabajo de aula requiere que tanto maestros como estudiantes sean consientes de las representaciones, acordes a las necesidades que se van presentando con los procesos de enseñanza y aprendizaje (Álvarez y Muñoz, 2015).

IIP10E1 Representa ¿qué crees que pasa con la gasolina dentro del carro para que este se desplace?

II R10E1 yo creo que el niño se tubo que bajar del carro a salir rapido a la escuela o si no llamaron a alguien para que les llebara gasolina o vivia

al frente de la escuela y salio para la escuela o llamaron a alguien para que lo llebara a la escuela.

Se dio libertad al estudiante para escoger qué clase de representación quería emplear para dar respuesta a la pregunta, optó por una representación tipo lenguaje, dejando a un lado las representaciones pictóricas. Por otra parte, el estudiante en esta primera fase, no responde correctamente la pregunta se inclina por dar afirmaciones del caso hipotético. Thagard (2005), expresa que los sujetos en el proceso de comunicación deben ser conscientes de que forma van a expresar sus pensamientos, ya sea por medio de imágenes, textos, entre otras.

En el instrumento final en la misma pregunta, se observa que el estudiante continua con el empleo de representaciones proposicionales, aunque en esta ocasión brinda una respuesta más contextualizada a lo que se le estaba preguntando.

I3 R10b El yo creo que alguien les llevo la gasolina y adentro del motor se mueve muy rapido y asi se mueve el carro

Representar de forma consciente es un ejercicio que requiere de procesos de razonamiento refinados. Un modelo representacional idóneo sería uno que incluya concepto, modelos de representación (representaciones múltiples), y alguna clase de razonamiento, ya sea un razonamiento analítico, inductivo/deductivo, entre otros (Anderson, et al., 2013).

d. Alcanzar un aprendizaje profundo o de calidad del concepto energía

Implementar una unidad didáctica bien estructurada y con una estrategia constante como las representaciones múltiples va a permitir que los estudiantes transformen de forma gradual las representaciones iniciales, llevándolas a unas representaciones más elaboradas y estructuradas, con un tipo de razonamiento más especializado y con argumentos conceptuales idóneos (Álvarez, 2013). En cada una de las preguntas realizadas antes y después de la unidad didáctica se observa en los estudiantes la capacidad de demostrar, analizar, argumentar, e interpretar cada uno de los conceptos enseñados, rasgos de un aprendizaje profundo.

Conclusiones

Se observa que trabajar con representaciones múltiples en el aula es de gran importancia tanto para estudiantes como para maestros. Las representaciones múltiples, influyen de forma positiva en el aprendizaje de las ciencias naturales. Lo que quiere decir que interactuar con las representaciones como medio de comunicación, proceso de enseñanza y de aprendizaje es altamente eficaz.

No se debe trabajar con un solo tipo de representación en el aula, es necesario incorporar al menos dos, tal y como se evidenció en este estudio, representaciones pictóricas (figuras y gráficas), y representaciones tipo lenguaje.

Se encuentran en los estudiantes preferencias hacia las representaciones pictóricas sobre las proposicionales tipo lenguaje y más al momento de expresar sus conocimientos, las representaciones tipo lenguaje han sido un obstáculo, por ejemplo, en aspectos como la redacción o buscar palabras pertinentes para describir un fenómeno.

La implementación de representaciones múltiples en el aula de ciencias requiere de una preparación exhaustiva por parte de los maestros y que las clases que dirijan bajo esta estrategia se hagan con intencionalidades específicas, es decir, proponerle a un estudiante que dibuje un fenómeno de ciencias no es una actividad simple o automática, el maestro debe estar en la capacidad de interpretar, analizar y abstraer cada uno de los elementos del gráfico del estudiante. Esto también aplica en una representación tipo lenguaje.

Las representaciones múltiples como estrategia didáctica han sido abordadas investigativamente durante los últimos años y puestas en escena en el aula por algunos maestros. De acuerdo con los datos obtenidos en la investigación fuente se puede afirmar que el maestro al incorporar las representaciones múltiples en los procesos de enseñanza evidenció que se trata de una estrategia muy eficaz al momento de buscar el desarrollo de aprendizajes profundos. El estudiante, después de aprender el empleo de representaciones múltiples como estrategia de estudio la ve como herramienta altamente eficiente para comprender de forma más clara cada uno de los conceptos de un área del conocimiento.

Entre las limitaciones del estudio el tiempo de ejecución de la intervención didáctica fue la más notable, acompañada de la transformación de representaciones, el paso de representaciones pictóricas a las proposicionales o viceversa fue un proceso algo lento, aunque finalmente se logró.

Recomendaciones

Se recomienda el empleo frecuente e intencionado de las representaciones múltiples en el aula de ciencias por parte de los maestros con el fin de desarrollar aprendizajes profundos en los estudiantes. El maestro debe tener la capacidad y preparación suficiente para implementar esta estrategia didáctica. Se requiere la creación de programas de formación a maestros en donde se capaciten en la creación de estrategias didácticas como las representaciones múltiples y la creación de unidades didácticas apoyadas en esta estrategia.

Se sugiere que los maestros motiven a los estudiantes a que incorporen en sus métodos de estudio la implementación de representaciones múltiples, estas permitirán afianzar los conceptos adquiridos en el aula y lograr aprendizajes profundos.

Los maestros podrán emplear las representaciones múltiples con fines tales como: preparar clases, ejecutarlas como estrategia didáctica, y como estrategia de evaluación, permitiendo de esta forma incentivar la creatividad y así lograr la formación, comprensión y aprendizajes profundos en ciencias.

Es realmente importante la creación o fortalecimiento de la línea de investigación en representaciones múltiples, abordada desde el enfoque de la enseñanza y el aprendizaje.

Referencias Bibliográficas:

- Álvarez Tamayo, O.D., (2013). Las unidades didácticas en la enseñanza de las Ciencias Naturales, Educación Ambiental y Pensamiento Lógico Matemático. *Itinerario Educativo*. 27 (62), pp. 115- 135.
- Álvarez, O. D. (2011). *Incidencia de las representaciones múltiples en la formación del concepto transporte celular en estudiantes universitarios*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Manizales, Manizales Colombia.
- Álvarez, O. D. (2014). Las representaciones múltiples como estrategia didáctica en el ejercicio docente. En Arboleda, J.C. (Ed). *Colección Pedagogía Iberoamericana. La tarea de educar*. (p. 51-61). Colombia: Redipe.

- Álvarez, O. D., Álvarez, C., y Chica, M. F. (2017). Las representaciones múltiples como fundamento para la innovación en la evaluación del aprendizaje en ámbitos escolares juveniles. *Metamorfosis. Revista del Centro Reina Sofía sobre adolescencia y juventud.* (6), 110-129.
- Álvarez, O.D y Muñoz, J.E. (2015). Desarrollo de los saberes específicos por medio del uso de las representaciones múltiples. En Rojas, W., et. al (Eds). *Perspectivas de investigación. Una mirada desde la antropología pedagógica.* (pp. 121-139) Bogotá: Editorial Bonaventuriana.
- Anderson, T.R., Schönborn, K.J., du Plessis, L. Gupthar, A.S., y Hull, T.L. (2013). Identifying and Developing Students' Ability to Reason with Concepts^[1] and Representations in Biology. En Treagust & Yan Tsui (Eds). *Multiple representations in biological education.* (pp. 19 – 38). Australia: Springer.
- Bransford, J.D., Barron, B., Pea, R.D., Meltzoff, A., Kuhl, P., Bell, P., Stevens, R., Schwartz, D.L., Vye, N., Reeves, B., Roschelle, J., y Sabelli, N.H., (2006). Foundations and Opportunities for an Interdisciplinary Science of Learning. En Sawyer (Ed.). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences.* (pp. 19 – 34). New York: Cambridge University.
- Carriedo, N., Moreno, S., Gutiérrez, F. y García-Madruga, J.A. (1998). Modelos mentales en conjunciones, disyunciones y condicionales: replicación de un estudio de Rips. *I jornadas de psicología del pensamiento*, pp. 39-56.
- Clément, P. y Castéra, J. (2013). Multiple Representations of Human Genetics in Biology Textbooks. En Treagust & Yan Tsui (Eds). *Multiple representations in biological education.* (pp. 147 – 163). Australia: Springer.
- Creswell, J.W., (2014). *Research Design. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, (4 Ed). California: Sage
- Doménech, J. L. L., Pérez, D. G., Gras-Marti, A., Aranzabal, J. G., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., Trumper, R. y Valdés, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 20(3), 285 – 311.
- Duval, R. (2004). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales.* (2a Ed.). Santiago de Cali: Universidad del Valle.

- Eilam, B. (2013). Possible constraints of visualization in biology: challenges in learning with multiple representations. En Treagust & Yan Tsui (Eds). *Multiple representations in biological education*. (pp. 55 – 73). Australia: Springer.
- García Franco A., Flores Camacho F., (2005). Las representaciones múltiples sobre la estructura de la materia en estudiantes de secundaria y bachillerato: Una propuesta de análisis. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, Numero Extra, VII Congreso.
- Giordan, A. (1989). Representaciones sobre la utilización didáctica de las representaciones. *Revista Enseñanza de las ciencias*, 7(1), 53-62.
- Griffard, P.B. (2013). Deconstructing and Decoding Complex Process Diagrams in University Biology. En Treagust & Yan Tsui (Eds). *Multiple representations in biological education*. (pp. 165 – 183). Australia: Springer.
- Hernández Sampieri R., Fernández Collado C., Baptista Lucio P., (2010). *Metodología de la Investigación*. (5a Ed.). McGraw Hill.
- López, R., Saldarriaga, J.A. y Tamayo, O.E. (2007). Análisis de representaciones gráficas en libros de texto de química. *Latinoam.estud.educ. Manizales*. 3 (2), pp. 61 - 86.
- Mazzitelli, C., Guirado, A. y Chacoma, M. S. (2011). La docencia y la enseñanza de las Ciencias: análisis de las representaciones de maestros. *Revista de orientación educacional*, (48) 77-94.
- Millán, P. A. (2016). *El uso de las múltiples representaciones en el aprendizaje profundo de la química*. Tesis de Maestría no publicada. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira Colombia.
- Nappa, N., Insausti, M.J. y Singuenza, A.F. (2005). Obstáculos para generar representaciones mentales adecuadas sobre la disolución. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Vol 2, (3), pp. 344 - 363.
- Navarro, C., (2013). *Enlace con ciencias de la naturaleza y tecnología 4*. Caracas: Editorial Santillana
- Ocampo-Flórez, E. y Tamayo-Alzate, Ó.E., (2018). Representaciones de aprendizaje en estudiantes que participan en un curso sobre teorías del aprendizaje. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. 14(2), 238-268.

- Ortega, C., y Hernández, A. (2015). Hacia el aprendizaje profundo en la reflexión de la práctica docente. *Revista Ra Ximhai*, 11(4), pp. 213-220. Universidad Autónoma Indígena de México.
- Palacios, A., Restrepo, A., Mena, B., y Madera, A., (2018). *Incidencia de las representaciones múltiples en el aprendizaje a profundidad del concepto migración en básica secundaria*. Tesis de Maestría no publicada. Universidad de Medellín, medellin, Colombia.
- Pozo J.I., (2003). El aprendizaje como adquisición de representaciones. En Pozo (Ed.). *Adquisición de conocimiento*, pp. 70 - 116. Madrid: Ediciones Morata.
- Romero Acosta, J. L., & Bonilla Pérez, G. A. (2018). *Incidencia de las representaciones múltiples en el fortalecimiento de la competencia argumentativa en estudiantes de básica secundaria*. Tesis de Maestría no publicada. Universidad de Medellín, medellin, Colombia.
- Roth, W.M. y Pozzer – Ardenghi, L. (2013). Pictures in Biology Education. En Treagust & Yan Tsui (Eds). *Multiple representations in biological education*. (pp. 39 – 53). Australia: Springer.
- Santamaría, C. (1989). Modelos mentales y Razonamiento semántico: el silogismo. *Cognitiva*. Vol. 2 (2), pp. 21-36.
- Schönborn, K.J. y Bögeholz, S. (2013). Experts' Views on Translation Across Multiple External Representations^[11] in Acquiring Biological Knowledge About Ecology, Genetics, and Evolution. En Treagust & Yan Tsui (Eds). *Multiple representations in biological education*. (pp. 111 – 128). Australia: Springer.
- Serrano, T. (1987). Representaciones de los alumnos en biología: Estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), pp. 181 - 188.
- Tamayo Alzate, O.E., Vasco Uribe, C.E., Suarez de la Torre, M.M., Quiceno Valencia, C.H., García Castro, L.I. y Giraldo Osorio, A.M. (2011). *La clase multimodal y la formación y evolución de conceptos científicos a través del uso de tecnologías de la información y la comunicación*. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales.
- Tamayo O.E., (2006). Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. *Revista Educación y Pedagogía*, Vol. XVIII, N° 45, pp. 39 - 49.

- Tamayo, O.E. y Sanmarti, N. (2003). Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto respiración. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niños y Juventud*, Vol. 1, (1), pp. 1- 16.
- Thagard P., (2005). La mente. Introducción a las ciencias cognitivas. (Thagard P. Jawerbaum S., Barba J., Trad.). Argentina: Kats Editores.
- Yan Tsui, C. y Treagust, D.F. (2013). Introduction to multiple representations: Their importance in biology an biological education. En Treagust & Yan Tsui (Eds). *Multiple representations in biological education*. (pp. 3 – 18). Australia: Spinger.