

Intervención Pedagógica en el área de Ciencias Naturales apoyada en la Teoría de Modelos Mentales

Pedagogical Intervention in the área of Natural Sciences supported in the Theory of Mental Models

Nidia Stella Gómez Orejarena

Institución Educativa Nuestra Señora del Pilar

E-mail: nidstell@hotmail.com

Bucaramanga - Colombia

Recibido: junio, 2019

Aceptado: noviembre, 2019

Resumen

Los modelos mentales son intermediarios entre las personas y el mundo que las rodea y son el resultado de la percepción, la interacción social o la experiencia interna de acuerdo con la Psicología Cognitiva, constituyéndose en modelos de trabajo para construir otros. Bajo esta premisa se desarrolló la presente investigación con la finalidad de analizar los cambios en los modelos mentales de estudiantes de séptimo grado de una institución oficial de la ciudad de Bucaramanga, Colombia, después de la intervención pedagógica sobre el concepto de célula. La metodología empleada es de tipo cualitativo con método de investigación-acción contando con la participación activa del docente investigador y de los estudiantes, tomando como base la tipificación de los modelos mentales de la teoría de Johnson-Laird (1983). A través de un cuestionario inicial aplicado a cuatro estudiantes se realizó el diagnóstico antes de la intervención pedagógica, contrastándolo con un cuestionario final. Los resultados muestran cambios en las representaciones que los estudiantes hicieron de la célula, después de la intervención pedagógica, notándose dibujos más ricos en detalles y explicaciones del funcionamiento celular, en contraste con los que habían elaborado en la prueba diagnóstica. El estudio hace reflexionar sobre las prácticas educativas teniendo en cuenta los conocimientos previos y el modelo mental que los estudiantes traen a clase, lo que permite orientar la labor pedagógica en búsqueda de mejores resultados académicos.

Palabras clave: Educación; Intervención pedagógica; Modelos mentales; Teoría de Johnson Laird

Abstract

Mental models are intermediaries between people and the world around them and are the result of perception, social interaction or internal experience according to Cognitive Psychology, becoming work models to build others. Under this premise the present investigation was developed with the purpose of analyzing the changes in the mental models of seventh grade students of an official institution of the city of Bucaramanga, Colombia, after the pedagogical intervention on the concept of cell. The methodology used is of a qualitative type with a research-action method with the active participation of the research teacher and the students, based on the typification of the mental models of the Johnson-Laird theory (1983). Through an initial questionnaire applied to four students, the diagnosis was made before the pedagogical intervention, contrasting it with a final questionnaire. The results show changes in the representations that the students made of the cell, after the pedagogical intervention, noting more rich drawings in details and explanations of the cellular functioning, in contrast to those that they had elaborated in the diagnostic test. The study reflects on educational practices, taking into account previous knowledge and the mental model that students bring to class, which allows them to guide pedagogical work in search of better academic results.

Key words: Education; Pedagogical intervention; Mental models; Johnson Laird theory

1. Introducción

Las preguntas relacionadas sobre cómo se aprende y cómo se llega al conocimiento, han llevado a docentes, pedagogos, psicólogos a reflexionar sobre la influencia de las intervenciones pedagógicas en el cambio de los modelos mentales de los estudiantes con respecto a un tema determinado que se estudia en el aula de clase. El concepto de modelo mental de acuerdo con la Psicología Cognitiva es el resultado de la percepción, de la interacción social o la experiencia interna. Este artículo se basa en un estudio realizado por Gómez (2013) y pretende validarse en la actualidad con aportes de la autora de acuerdo con las experiencias vividas en el ámbito escolar y que tienen que ver con el cambio de modelos mentales en los estudiantes durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Biología. El estudio realizado por Gómez (ob. cit.), estuvo enmarcado en la metodología cualitativa con el método investigación-acción, caracterizada como una investigación de aula con respecto al conocimiento del concepto de célula, donde se analizaron los cambios en los modelos mentales en un grupo de estudiantes después de la intervención pedagógica del docente investigador en un periodo de dos meses de trabajo escolar.

En concordancia con el método de investigación- acción utilizado, la investigación se dividió en tres fases o momentos: la fase diagnóstica, la fase de intervención pedagógica y la fase de identificación de los cambios en los modelos mentales. Según Johnson-Laird (1983), entender un fenómeno de la naturaleza significa tener un "working model" (p. 162), es decir, un modelo de trabajo que involucra procesos y entidades. Esto significa que los estudiantes traen al aula de clase modelos que pueden no ser verdaderos desde el punto de vista científico, pero que son útiles para explicarse el mundo antes de recibir la enseñanza escolar. De la capacidad que tenga el estudiante para formar modelos, depende su capacidad para entender una teoría, de explicarla, acorde con los conceptos aceptados científicamente. Al respecto, Johnson- Laird (citado por Greca y Moreira, 1998), afirma que "los modelos mentales son representaciones analógicas de la realidad" (p.110), lo que significa que la mente es constructora de representaciones internas, que actúan como intermediarias entre la persona y el entorno, facilitándole la comprensión y la acción sobre él.

Johnson-Laird (mencionado por Riera, 2006), afirma que: "un modelo mental es una representación de un estado de cosas - state of affairs- del mundo exterior" (p.2). Por tanto, aprender significativamente implica comprender que los estudiantes son agentes activos que procesan la información y que participan de su propio aprendizaje cuando representan internamente los conceptos haciendo relaciones entre ellos y no repitiendo una serie de fórmulas o recetas. Entender un fenómeno de la naturaleza quiere decir que se tiene un modelo de trabajo que permite construir otros a medida que se avanza en el proceso de aprendizaje constituyéndose en intermediarias entre la persona y la realidad, como lo menciona Johnson-Laird (1983):

Los seres humanos, por supuesto, no aprehenden el mundo directamente; poseen sólo una representación interna del mundo porque la percepción es la construcción de un modelo del mundo. Son incapaces de comparar esta representación perceptual directamente con el mundo -es su mundo- (p. 156).

La comprensión de temas científicos, debe tener en cuenta además otros factores como un ambiente que rompa el esquema tradicional del maestro transmisor que habla y el estudiante pasivo que se limita a escuchar. Se requiere también de diversos recursos donde se relacione la teoría con la práctica, se utilice la tecnología y el docente diseñe y promueva la participación activa en sus clases para desarrollar el pensamiento crítico y creativo. Construir un modelo mental, no tiene que ver con el cambio total de los modelos antiguos, sino que el nuevo modelo puede existir en conjunto con el otro y se diferencian en el uso contextual que se le da a cada uno de ellos, como lo afirman Greca y Moreira (1998). Estos autores además evidencian en sus estudios relacionados con la enseñanza y el aprendizaje, que los estudiantes con mejores resultados fueron los que construyeron un modelo mental y los de bajo rendimiento fueron los que trabajaron con proposiciones aisladas repetidas en forma mecánica. Es decir que para la construcción de un modelo mental, la persona debe establecer conexión entre la teoría y la práctica, entre los contenidos abstractos y la cotidianidad, como lo manifiesta Izquierdo (1999).

Los modelos mentales contienen elementos que se relacionan con el mundo y donde sus propiedades como las relaciones entre ellos van a determinar según Johnson-Laird (1983), unos tipos de modelos físicos informales y tentativos que son: el modelo relacional es un marco estático que sólo representa los elementos constitutivos del mundo real, sus propiedades y relaciones. Consta de un número finito de elementos; el modelo espacial se caracteriza porque las relaciones entre los elementos se dan en el espacio, típicamente en dos o tres dimensiones; el modelo temporal consiste en una secuencia de marcos espaciales de dimensiones constantes que ocurren en un orden temporal correspondiente con un orden temporal de los eventos, no necesariamente en tiempo real; el modelo cinemático es un modelo temporal psicológicamente continuo y representa los cambios y movimientos de las entidades representadas. El modelo dinámico es un modelo cinemático donde además se representan las relaciones causales entre los eventos.

Con base en los tipos de modelos mentales de Johnson-Laird (1983) mencionados anteriormente, Gómez (2013), se propuso tipificar los modelos mentales de cuatro estudiantes con respecto al concepto de célula teniendo en cuenta sus producciones y verbalizaciones; establecer el grado de evolución de las representaciones elaboradas por los estudiantes durante un bimestre escolar e identificar los efectos de la intervención pedagógica teniendo en cuenta los cambios en las representaciones realizadas por los estudiantes. El trabajo mencionado tiene en cuenta el concepto de célula, por ser básico en el aprendizaje de la Biología, como lo manifiestan Tapia y Arteaga (2012), al afirmar que la comprensión del concepto de célula es importante en la formación básica de las Ciencias Naturales pues el estudiante adquiere los elementos mínimos para entender los procesos biológicos, la organización de la materia viva y su relación con el medio que la rodea. El concepto de célula en Colombia es uno de los temas obligados dentro de los planes de estudio tanto en educación primaria como secundaria de acuerdo con el Ministerio de Educación Nacional Colombia y los Estándares Básicos de Competencias (2009) y es importante para poder comprender otros conceptos relacionados con procesos biológicos como lo manifiesta Cohen y Yarden (2010); Rodríguez y Moreira (1999, 2002) y Soares (2008).

Ahora bien, según la teoría de Johnson Laird (1987), las personas construyen representaciones internas, simbólicas, que evolucionan a medida que experimentan y se ponen en contacto con diferentes situaciones, actuando como intermediarias entre los elementos del mundo real y el particular de acuerdo con el significado que le han dado a esas experiencias. En el estudio

realizado por Gómez (ob. cit.), antes de la intervención pedagógica, se pudo observar que los estudiantes presentaron modelos de tipo relacional donde se apreciaban dibujos a manera de cuadros estáticos, pobres en elementos. Por ejemplo: en el cuestionario inicial o de diagnóstico, se le pide a los estudiantes que expliquen el funcionamiento de una célula utilizando un dibujo; algunas respuestas fueron: "Lo haría como una empresa en la cual están trabajando" (dibujó una niña con un libro en la mano). "Cuando sufrimos una fractura o golpe observamos ciertos acontecimientos" (con ausencia de imagen). Otro estudiante escribió: "Ayuda al crecimiento de los ojos y para que pueda ver mejor" (dibujó dos ojos). Otro estudiante dibujó un niño y explicó el funcionamiento celular así: "Como decía, cuando las células se dividen el cuerpo humano crece todo el tiempo, las células se están multiplicando constantemente y el cuerpo se crece porque está en constante crecimiento". Lo anterior indica que el estudiante recurre a su imaginación y a frases sueltas para explicar sus dibujos, responder preguntas y exponer sus ideas, cuando no tiene claro un tema determinado.

De acuerdo con Johnson Laird (1987), si la persona ha operado con proposiciones sueltas y aisladas, con muy poco poder explicativo e inferencial con respecto a un tema en particular, tendrá también pocas posibilidades de recuperar esta información para usarla en otros contextos, como parece que ocurrió con los estudiantes al responder el cuestionario inicial. Se infiere que los estudiantes, a pesar de haber recibido información en sus clases de ciencias naturales sobre el tema de célula, desde primaria, tenían serias dificultades para explicar su estructura y funcionamiento. Sin embargo, los estudiantes trabajaron con un modelo mental, con un modelo de trabajo, porque éstos también se pueden construir a través de la imaginación. En forma espontánea las personas siempre construirán modelos mentales buscando la funcionalidad personal.

Después de la intervención pedagógica, los cuatro estudiantes demostraron a través de sus producciones, que existen distintas maneras de procesar la misma información y por tanto, distintas formas de representación, distintos modos de trabajar con la información que se les ofrece y por tanto, distintos condicionamientos para su aprendizaje. Comparando por medio de las rejillas los tipos de modelos mentales iniciales —antes de la intervención pedagógica— con los finales —después de la intervención pedagógica— de cada estudiante, se pudo observar en general que sus modelos mentales evolucionaron, fueron revisados recursivamente por la mente, notándose el establecimiento de deducciones e inferencias sobre la estructura y funcionamiento celular, más adecuados y consistentes con los conceptos científicos. Inicialmente, los modelos eran estáticos, pobres en elementos, con ideas confusas respecto a lo que es una célula. Posterior a la intervención pedagógica, se observó un avance en este sentido, donde las representaciones mostraban imágenes de la célula vistas en el microscopio, y los estudiantes daban explicaciones más acordes con el significado que la ciencia le atribuye, representando cambios y movimientos de sus elementos constitutivos, características propias de los modelos espacial, temporal y cinemático.

La modificación en las representaciones de los estudiantes, de sus modelos mentales, se relaciona con la experiencia que adquirieron al interactuar con el entorno donde la percepción actuó como fuente primaria para la modificación y revisión recursiva de los modelos que traían al aula de clase. Se puede decir que la intervención pedagógica, con todas las actividades desarrolladas en ella, como observación de células en el microscopio, en videos, en gráficas, se constituyó en un medio valioso para incidir en los modelos mentales de los estudiantes. Las actividades planeadas por el profesor, (materializados durante la intervención pedagógica

en forma de analogías, objetos materiales, videos, elementos pictóricos), facilitaron la comprensión de un concepto complejo, como es el concepto de célula. A través de lo que expresaron en forma verbal y escrita, los estudiantes demostraron que comprendían mejor la estructura y funcionamiento celular, después de la intervención pedagógica.

Es decir, que de acuerdo con lo que postula Johnson Laird (1996) en su teoría, gracias a que los modelos mentales están formados por bloques cognitivos que pueden ser combinados y recombinados, los estudiantes pudieron darle significado al concepto de célula. Los resultados de la investigación demostraron que la intervención pedagógica ejerció un efecto positivo en el grupo de estudiantes pasando de un modelo estático de la célula, con muy pocos elementos constitutivos, con proposiciones aisladas, confusas, a modelos con más elementos, que explican las relaciones entre estructura y funcionamiento celular. Por tanto, los docentes en su labor pedagógica, deben tener en cuenta el diseño de sus actividades pedagógicas, con base en el conocimiento previo de los modelos mentales que traen sus estudiantes al aula de clase, para poder enfocar su enseñanza en la superación de posibles dificultades, escoger la información que se debe proporcionar y tener en cuenta a qué grupo de estudiantes está destinada.

2. Los Modelos Mentales

Philip Johnson-Laird, (1983, 1987, 1996), autor de diversas obras relacionadas con la cognición humana y psicología del pensamiento y catedrático de psicología de la Universidad de Princeton, afirma que la persona que razona y comprende tiene un modelo mental o modelo de trabajo que le permite comprender y explicar fenómenos en el mundo en el que se vive; lo cual significa que existe un modelo mental, como producto de la percepción e interacción social, que le permite entender e inferir lo que sucede a su alrededor para tomar decisiones en un momento dado. Con respecto a la premisa básica de su teoría Johnson Laird (1983) señala lo siguiente:

La principal asunción de la teoría que estoy desarrollando es que la semántica del lenguaje mental traza el mapa de las representaciones proposicionales dentro de modelos mentales de mundos reales o imaginarios: las representaciones proposicionales se representan con respecto a modelos mentales (p. 90).

Las personas razonan, inferen y entienden su entorno gracias a tres tipos de representaciones mentales:

- a. Representaciones proposicionales o símbolos que no son palabras y que ayudan a captar el contenido abstracto a través de un lenguaje universal, pero entendiendo que las ideas pueden ser expresadas de manera verbal.
- b. Los análogos estructurales del mundo, que representan de manera analógica aspectos destacados de la estructura real o imaginaria del mundo que rodea a la persona.
- c. Las imágenes o perspectivas de un modelo mental, que hacen referencia según Laird (1996) a "cómo algunas cosas son vistas desde un punto de vista particular" (p.124).

De lo anterior se desprenden los cuatro conceptos claves de la teoría de Laird (ob. cit.), relacionados con el funcionamiento de la mente y que permiten comprender cómo se construyen los modelos mentales. Estos son: la capacidad que tiene la mente para operar con símbolos o códigos para procesar la información que se recibe; la capacidad de darle significado al mundo con el que se relaciona la persona gracias a la inferencia y la deducción; la elección que hace la mente de un determinado modelo mental o revisión recursiva, que le permite la relación con el entorno. Por ejemplo, para poder comprender un discurso, como lo expresa Rodríguez Palmero (2008), se construye un modelo mental, mediante la formación de proposiciones formadas por lo que se ha leído y oído sobre el tema y que se van relacionando con la nueva información a medida que adquieren un valor de verdad para la persona, dándole significado a las palabras y de esta manera llegando a la interpretación del discurso. Debe existir la relación descrita, de lo contrario no se entendería el discurso.

Los modelos mentales están formados por elementos del mundo y tanto sus propiedades como las relaciones entre ellos especifican una tipología de modelos físicos que son:

- a. Modelo Relacional: se caracteriza por tener pocos elementos relacionados entre sí, en un marco estático.
- b. Modelo espacial: se caracteriza porque los elementos se relacionan en el espacio, generalmente en dos o tres dimensiones.
- c. Modelo Temporal: posee una secuencia de marcos en el espacio, con un orden en el tiempo.
- d. Modelo cinemático: representa movimientos de elementos en el espacio
- e. Modelo dinámico: Es un modelo cinemático donde además de movimiento representa causas de los eventos representados.

Los diferentes tipos de modelos mentales se construyen a partir de elementos básicos, o primitivos conceptuales, que son innatos y que al organizarse forman una estructura particular. La fuente primaria para la construcción de modelos mentales es la percepción, pero también se pueden construir a través del discurso o la imaginación. Para entender un fenómeno natural se necesita un modelo de trabajo, un modelo mental que nos permita hacer inferencias y que actúen como intermediarios para poder relacionar los conceptos y comprender los conceptos científicos. La funcionalidad de los modelos mentales permite que sean desechados en algún momento. Cuando un modelo mental ha sido útil para una persona, todas o algunas de sus partes posiblemente son guardadas en la memoria a largo plazo.

Los modelos mentales al relacionar conceptos, forman modelos conceptuales justificados desde la perspectiva de Johnson-Laird. De acuerdo con Greca, Moreira y Palmero (2002), esto tiene implicaciones en la enseñanza de las Ciencias Naturales pues el docente utilizando modelos conceptuales puede llevar al estudiante a construir modelos mentales. Si el estudiante comprende un concepto científico es porque ha construido un modelo mental, su aprendizaje es significativo, no es un aprendizaje memorístico y repetitivo. La función del modelo mental, por tanto, es darle significado a los conceptos. Al respecto, Marrero-Acosta y Moreira (2001) mencionan la importancia de la construcción de modelos mentales para poder comprender el funcionamiento de la materia viva. La teoría de

los modelos mentales de Johnson Laird (1983, 1987, 1996), ha sido aplicada en numerosos estudios, como los que realizaron Greca y Moreira (1998), sobre el análisis del tipo de representación mental que utilizaron estudiantes universitarios sobre el concepto de campo electromagnético.

Para Johnson Laird (1983), la formación de imágenes se debe a la percepción y la imaginación y eran concebidas inicialmente en su teoría como vistas concretas de un modelo mental. Pero en un trabajo posterior, Johnson Laird (1996), diferencia las imágenes de los modelos mentales, afirmando que "las imágenes representan cómo algunas cosas son vistas desde un punto de vista particular" (p.124), lo que significa que no necesariamente suponen la existencia de un modelo mental del cual se derivan. Entonces, un estudiante que realiza una imagen simple y estática de una célula, sin ningún significado o sentido, no quiere decir que tenga un modelo mental análogo del concepto de célula. Sin embargo, en la enseñanza de las Ciencias Naturales es importante mencionar que el estudiante posee modelos mentales construidos por percepción, por experiencia o por analogía y cuando llega a clase aunque presente errores con respecto al concepto que se va a estudiar, sus modelos mentales son funcionales y pueden servir de base para construcciones mentales estables.

Cuando un estudiante pretende comprender un modelo conceptual, toma los elementos que considera importantes, los relaciona con lo que ya conoce y puede producir modelos mentales que coinciden o no, con los modelos conceptuales que le presentaron. Esto depende de los conocimientos que tenga para poder interpretar el modelo conceptual que es una representación simplificada de fenómenos. Como consecuencia de lo anterior, si el estudiante no logra entender algo, desafortunadamente recurre a veces, al aprendizaje memorístico de fórmulas y enunciados en las clases de Ciencias Naturales. De ahí la importancia de que el docente conozca las representaciones de sus estudiantes con respecto a un tema determinado como el de célula y tenga en cuenta las teorías de la mente, como la que nos proporciona Johnson Laird (ob. cit.), para orientar su labor pedagógica en pro del mejoramiento de la comprensión de temas científicos.

Si se reflexiona sobre lo anterior y se aplica a la labor que se tiene como docente activa en la actualidad, es importante señalar que los modelos mentales que traen los estudiantes a clase son modelos de trabajo susceptibles de ser mejorados y ampliados a medida que nuevas informaciones son incorporadas por ellos. Se van incorporando nuevos elementos, se va modificando la idea que tenían al comienzo sobre un determinado tema. Durante el proceso de aprendizaje, el estudiante va comprendiendo la información que recibe, explicando conceptos, logrando un aprendizaje significativo cuya base es la construcción de modelos mentales. Lo esencial es que el estudiante logre comprender una situación que se le plantea y no repita mecánicamente textos, fórmulas, conceptos, leyes. El eje central de la comprensión es la presencia de un modelo trabajo que evoluciona a medida que incorpora más elementos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que permite al estudiante inferir, predecir, comprender situaciones y tomar decisiones.

3. Metodología

Como ya se mencionó anteriormente, el estudio realizado por Gómez (2013), con metodología cualitativa y método investigación-acción, se caracterizó como una investigación de aula relacionado con el concepto de célula y donde se analizaron los cambios en los modelos mentales en un grupo de estudiantes después de la intervención pedagógica y con la participación activa del maestro investigador. Los tipos de modelos mentales teóricos propuestos por Johnson-Laird (1983), sirvieron de referencia en la exploración y comprensión de las representaciones de los estudiantes en cuanto al concepto de célula. Actualmente con este trabajo se quiere validar dando nuevos aportes basados en la experiencia como docente.

El trabajo de Gómez (ob.cit.), se desarrolló en tres momentos: la fase diagnóstica, la fase de intervención pedagógica y la fase de identificación de los cambios en los modelos mentales. En la fase diagnóstica se aplicó una prueba inicial a 41 estudiantes del grado séptimo que contenía preguntas sobre la estructura y funcionamiento celular, además de dibujos relacionados con el concepto de célula. Después se realizó la fase de intervención pedagógica durante cuatro horas semanales de clase, en un bimestre escolar, utilizando diferentes recursos como guías de estudio, videos, guías de laboratorio, análisis de textos en la Institución Educativa Nuestra Señora del Pilar de Bucaramanga (Colombia).

En la última fase se identificaron los cambios en los modelos mentales de cuatro estudiantes escogidos al azar, se contrastaron las respuestas del cuestionario de la fase inicial o diagnóstico donde se indagaba la idea que tenían los estudiantes con respecto al concepto de célula y el cuestionario de la fase final donde se hacían las mismas preguntas sobre el concepto de célula que se usaron en el cuestionario inicial o de diagnóstico. Para el contraste de las respuestas de los dos cuestionarios mencionados se usó una rejilla, teniendo en cuenta la tipología de modelos mentales de acuerdo con la teoría de Johnson-Laird (ob. cit.). También los estudiantes pudieron explicar a través de una entrevista no estructurada, lo que quisieron representar en sus dibujos, aclarando lo que quisieron dibujar con respecto a la estructura y el funcionamiento de la célula. La entrevista permitió interactuar con cada uno de los estudiantes, haciéndoles preguntas sobre lo que es una célula y cuál es su función en los seres vivos.

4. Resultados

El contraste de los resultados obtenidos en el cuestionario inicial o de diagnóstico y el cuestionario final, permitió inferir que antes de la intervención pedagógica, los estudiantes presentaron modelos de tipo relacional con dibujos de células a manera de cuadros estáticos y pobres en elementos, con ideas confusas. Ninguno demostró en el cuestionario inicial, el manejo de imágenes que tengan que ver con una célula en actividad, evidenciándose que tuvieron dificultades para desarrollar estos aprendizajes, recurriendo a la imaginación para hacer los dibujos y para exponer sus ideas ante la dificultad de responder las preguntas. De acuerdo con Johnson- Laird (1996), si la persona ha operado con proposiciones sueltas y aisladas, con muy poco poder explicativo e inferencial con respecto a un tema determinado, tendrá también pocas posibilidades de recuperar esta información para usarla en otros contextos, como ocurrió en la mayoría de los casos de los estudiantes en la prueba inicial.

A pesar de que los estudiantes a los que se les aplicó el cuestionario inicial y final habían recibido información en sus clases de ciencias naturales sobre célula desde primaria, presentaron dificultades para explicar la estructura y funcionamiento celular, recurriendo a un modelo de trabajo construido a través de la imaginación, de la espontaneidad, que les permitió la funcionalidad personal. Las actividades planeadas por el profesor, materializadas durante la intervención pedagógica, como la observación en el microscopio de células animales y vegetales, lectura de textos, observación de videos, facilitaron la comprensión de un concepto complejo, como es el concepto de célula. Después de la intervención pedagógica, en el cuestionario final y la entrevista, los cuatro estudiantes escogidos al azar, demostraron a través de sus producciones y verbalizaciones, que existen distintas maneras de procesar la misma información y por tanto, distintas formas de representación, distintos modos de trabajar y por consiguiente, distintos condicionamientos para su aprendizaje.

En el cuestionario final, después de la intervención pedagógica, se observaron avances en las representaciones de la célula vistas en el microscopio, los detalles en los dibujos fueron más numerosos con explicaciones sobre el funcionamiento celular acordes con el significado que la ciencia le atribuye, representando de manera gráfica los cambios y movimientos de los elementos constitutivos de la célula, características propias de los modelos espacial, temporal y cinemático. Igualmente las verbalizaciones fueron más explícitas y más coherentes con lo visto en las clases de Biología con respecto al concepto de célula. Esto indica que hubo modificación de los modelos mentales de los estudiantes gracias a la experiencia que adquirieron al interactuar con el entorno donde la percepción actuó como fuente primaria para la modificación y revisión recursiva de los modelos que los estudiantes traían al aula de clase. La comparación por medio de las rejillas en cada caso estudiado, muestra que en general los modelos mentales evolucionaron, fueron revisados recursivamente por la mente, notándose el establecimiento de deducciones e inferencias sobre la estructura y funcionamiento celular más adecuados y consistentes con los conceptos científicos.

Los cambios en los modelos mentales de los estudiantes, se constituyeron así en indicativos de que la intervención pedagógica ejerció un efecto positivo en el grupo de estudiantes motivo de este estudio, al pasar de un modelo estático o relacional de la célula, con muy pocos elementos constitutivos, con proposiciones aisladas, confusas, a modelos con más elementos, que explicaron las relaciones entre estructura y funcionamiento celular, típico del modelo mental tipo cinemático, estableciendo deducciones e inferencias. La tipificación de los modelos mentales de los estudiantes, a la luz de la teoría de Johnson-Laird (1983), se constituyó en un indicador para la docente investigadora, de la evolución de los estudiantes en cuanto a sus modelos mentales y aprendizaje del concepto de célula. La entrevista realizada por la docente a los estudiantes sirvió para que ellos pudieran explicar lo que quisieron representar en sus dibujos, demostrando mayor conocimiento sobre la célula en el cuestionario final que en el inicial. Estudiar las formas representacionales ha tomado fuerza dentro de las investigaciones educativas en la actualidad y la comprensión de la manera como se generan las representaciones mentales en los estudiantes es una posibilidad que se encuentra en la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird (ob. cit.).

5. Desde la experiencia actual como docente

Se puede afirmar que así como el médico diagnostica una enfermedad gracias a la exploración, síntomas y signos que padece una persona, el maestro también debe establecer un diagnóstico de lo que piensan y conocen los estudiantes con respecto a un tema determinado, que le permita planear las actividades de clase adecuadas al logro de propósitos específicos. Los maestros, por tanto, no pueden ser ajenos al conocimiento de las teorías de modelos mentales, como la que proporciona Johnson Laird (1983, 1987, 1996), que permite conocer cómo piensan los estudiantes, qué tipo de representación construyen, no sólo en ciencias sino en otras áreas del conocimiento y que pueda servir como base en la planeación de las actividades de enseñanza, en búsqueda de aprendizajes que se usen para argumentar, para explicar, para solucionar problemas. El docente debe tener presente que las representaciones que realiza un estudiante corresponden a su realidad, que es muy particular en comparación con la de otros compañeros.

Esas representaciones son las manifestaciones de modelos que son funcionales y que le ayudan a las personas a operar en su entorno. En cuanto a conceptos abstractos, como es el caso de célula, el docente debe partir de los conocimientos que trae el estudiante, de su vida cotidiana, de lo macroscópico, para llegar al conocimiento microscópico, abstracto y complejo. Para esto se debe recurrir al análisis de videos, observación de microorganismos, de células sanguíneas, de tejidos animales y vegetales en el microscopio, con el fin de facilitar la comprensión de la célula como estructura básica de todos los seres vivos. Durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, el estudiante construye modelos que van evolucionando a medida que va comprendiendo la información que recibe del docente, de otros compañeros, de lo que ve y lo que escucha, permitiéndole hacer inferencias, conjeturas, predecir lo que va a suceder por ejemplo en un experimento y en una situación problema. Con respecto a la elaboración de imágenes, cuando se tiene a cargo la enseñanza de la Biología, se ha observado que tanto docentes como estudiantes recurren a los libros de texto para dibujar seres vivos o componentes celulares. Por ejemplo, algunos docentes dibujan en el tablero una célula en forma de círculo con unas figuras adentro y los estudiantes también la dibujan así en el cuaderno.

Cuando el estudiante va al laboratorio y observa directamente células tanto vegetales como animales en el microscopio, no concuerda lo que ve en éste, con lo dibujado en el cuaderno, dándose un choque de modelos que el estudiante debe resolver con su experiencia de observación directa en el microscopio. El maestro por su parte, debe explicar la gran complejidad que encierran las diversas formas y estructuras celulares que en los libros de texto aparecen con fotos tomadas por diferentes clases de microscopios electrónicos de los cuales carecen los colegios. Para la construcción de su modelo mental, el estudiante debe dibujar la célula tal como la percibe en el microscopio y no como se la cuentan y a pesar de que no haya en la escuela microscopios especializados, se pueden observar algunos tipos de células en el microscopio compuesto, como células de cáscaras de naranja, de hojas de árboles, raíces y células animales como glóbulos rojos, células de la epidermis. También se puede observar con el microscopio compuesto la membrana celular, la pared celular, núcleo, citoplasma, plastidios, estomas, vacuolas y otras estructuras en diversas clases de células.

De esta manera, la observación directa permite que el estudiante construya su propio modelo mental con base en lo que percibe, comprendiendo qué es una célula, a la vez que se despierta la curiosidad e interés por aprender y por realizar dibujos acordes con lo que ha visto realmente. En las evaluaciones que se han realizado con posterioridad a prácticas de laboratorio donde los estudiantes han observado células de cebolla, se ha visto que ya no dibujan la célula como un círculo con estructuras adentro, sino un conjunto de polígonos a manera de un panal de abejas, donde cada polígono es una célula en relación con las otras formando un tejido, tal como se observa en el microscopio. La célula percibida de esta manera no es un ente aislado, sino en comunicación con otras células formando en este caso un tejido vegetal, que concuerda con una visión más real del funcionamiento celular en un ser vivo. Las anteriores experiencias, permiten deducir que los modelos mentales de los estudiantes con respecto a los diversos fenómenos de la naturaleza, son más coherentes con la realidad si hay una relación directa con el entorno, para construir de manera particular un modelo de trabajo como lo menciona Johnson Laird (1996) y seguir avanzando en el mundo de la ciencia.

Ahora bien, esos modelos de trabajo sirven como base para ir construyendo y ampliando conceptos nuevos. Es importante tener en cuenta el conocimiento que trae el estudiante a la clase, su modelo trabajo, para que sea el punto de partida del proceso de enseñanza. A medida que se avanza en las temáticas de la asignatura, el modelo mental se va re-estructurando de manera recursiva, hasta llegar a la comprensión del tema. Por ejemplo, cuando se va a enseñar algo nuevo en la clase, el maestro empieza indagando los conocimientos que traen los estudiantes por medio de preguntas que éstos responden de acuerdo con los modelos mentales contruidos por experiencia, por analogía o por percepción. Aunque se presenten errores en las respuestas, el docente las aprovecha para hacer pensar al estudiante y para escuchar las explicaciones que éste expresa con respecto a las representaciones e imágenes sobre un tema determinado. De esta manera, el estudiante organiza sus ideas, reflexiona y argumenta. Al respecto, Hohenshell y Hand (mencionados por González y Jara, 2013), afirman que "las explicaciones de los estudiantes ofrecen oportunidades para reflexionar sobre el contenido y para estimular el desarrollo de habilidades de procesamiento, tales como organizar las ideas y el razonamiento" (p.2).

Otro aspecto a tener en cuenta cuando se enseña Biología, es que la información que reciben los estudiantes en las clases, muchas veces se constituyen en pedazos de conocimiento, en retazos que no se relacionan con el conocimiento general del tema que se está enseñando. Esto influye en la construcción de modelos mentales sesgados, no sólo en ciencias naturales, sino en cualquier asignatura escolar. Por ejemplo, se observa que en muchas ocasiones el docente enseña el concepto de célula, pero no se relaciona de una vez con el concepto de tejido, de órgano, de sistema, de organismo, para que la célula no sea vista como una estructura aparte de un ser vivo. De la misma manera, es importante tener en cuenta la transversalidad en las asignaturas que se imparten en la escuela, es decir, relacionar las ciencias naturales con las matemáticas, con las ciencias sociales, con la educación física, con el español, entre otras. La transversalidad educativa articula los saberes de los distintos sectores de aprendizaje y le proporciona sentido a las diferentes disciplinas, porque se relacionan diferentes aspectos de un tema determinado, dando como resultado aprendizajes significativos que unen temas disciplinares con los contextos sociales, culturales y éticos presentes en el contorno del estudiante. Los modelos mentales serán más completos con respecto a cómo funciona el mundo real desde el saber, el hacer y el ser, si se

involucra el cuidado del medio ambiente, la convivencia democrática, la afectividad y sexualidad, para lograr aprendizajes integrales que permitan el pleno desarrollo individual y social.

6. Conclusiones

El diseño de las actividades, que tienen como base el conocimiento previo y los modelos mentales que traen los estudiantes al aula de clase, permite al docente enfocar la enseñanza hacia propósitos específicos. Sin embargo, no se puede olvidar que en la construcción de un modelo mental inciden múltiples factores como la motivación del estudiante por aprender, la experiencia previa con otras situaciones similares y la forma como procesa la información. En el trabajo desarrollado por Gómez (ob. cit.), se destaca que los estudiantes mostraron interés y curiosidad por aprender, factores que incidieron en el logro de los objetivos propuestos. Ahora bien, un modelo mental nunca es completo, es un modelo de trabajo que puede ser mejorado y ampliado a medida que nuevas informaciones son incorporadas por la persona. Es parecido a lo que sucede cuando se trata de comprender un discurso, una conversación; se van incorporando nuevos elementos, se va modificando la idea que se tenía al comienzo.

Durante todo el proceso de aprendizaje, el estudiante va comprendiendo la información que recibe, explicando conceptos, logrando un aprendizaje significativo cuya base es la construcción de modelos mentales que le permiten al estudiante entender una situación o tema determinado para explicar, argumentar, comparar, disentir, evitando la repetición mecánica de fórmulas, conceptos y leyes. El maestro por tanto, debe conocer la forma como el estudiante construye sus modelos mentales y esa posibilidad la ofrece la teoría de Johnson-Laird (ob. cit.) con el constructo modelo mental, desde una perspectiva comprensible, con explicaciones convincentes que tienen su base en distintas disciplinas y que le confieren validez, lo cual es coherente con los propósitos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia para el mejoramiento de la calidad de la educación y que hacen referencia a la forma de producir conocimiento, ya no de manera memorística y enciclopédica sino como un proceso que se desarrolla en interacción con el mundo, basado en el desarrollo de competencias para resolver problemas, producir conocimiento, pensando la educación desde el estudiante con sus preguntas, sus necesidades y el entorno en el que vive.

Y para esto se necesita que el maestro se capacite y transforme las prácticas pedagógicas, estudiando las teorías de la mente como la que ofrece Johnson Laird (1996), para poder aplicarlas en el contexto educativo. En este año 2019, con la celebración del segundo centenario de la independencia de Colombia, el gobierno aspira a continuar generando las condiciones necesarias para que todos los estudiantes reciban una educación de calidad, entendida como el logro de niveles altos de competencias que les permita desenvolverse en el mundo de la producción. El término competencia se refiere al conjunto de "conocimientos, habilidades, actitudes que desarrollan las personas y que les permiten comprender, interactuar y transformar el mundo en el que viven". Ministerio de Educación Nacional, MEN, (2008).

Las políticas educativas colombianas históricamente han demostrado su interés por los múltiples factores que afectan la calidad educativa como son: los recursos, la práctica educativa, el currículo, la organización de las escuelas, la cualificación de los docentes. Pero es desde las aulas de clase donde se puede trabajar para que esas políticas sean una realidad a través de diferentes estrategias pedagógicas que desarrollen habilidades y competencias, que sirvan de medio para el progreso del país. Como proyección a la comunidad de lo mencionado anteriormente, es importante destacar que la relación entre modelo mental y aprendizaje debe ser uno de los temas que debe ser profundizado y estudiado por las personas que se encuentran de una u otra manera relacionadas con la educación, entre ellas las facultades que forman maestros, para que se tenga en cuenta la relación entre las teorías cognitivas y la enseñanza, no como lectura de las teorías simplemente, sino que se analice la manera como pueden ser aplicadas en la labor pedagógica en búsqueda del mejoramiento continuo de la calidad de la educación.

7. Referencias

- Cohen, R. y Yarden, A. (2010). How the curriculum guideline "The Cell is to be studied longitudinally" is expressed in six Israeli junior high school. *Journal of Science Education and Technology*, 19(3), 276-292.
- Gómez, N. S. (2013). Intervención pedagógica apoyada en la teoría de modelos mentales de Johnson Laird. [Tesis de Maestría]. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta. Colombia.
- González, J. C., & Jara, N. (2013). Modelos estudiantiles acerca de la estructura de la célula. Un análisis desde la historia de la Biología. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 589-594.
- Greca, I. M., y Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 289-303. [Documento en línea]. Disponible: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v16n2/02124521v16n2p289.pdf>[Consulta: 2019, junio 21]
- Hohenshell, L. y Hand, B. (2006). Writing to learn Strategies in Secondary School Cell Biology: A mixed method study. *International Journal of Science Education*, 28 (2-3), 261-289.
- Izquierdo, M. (ed.) (1999). Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. Extra.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Johnson-Laird, P. (1987). Modelos mentales en ciencia cognitiva. PP. 179-232. En Norman, D. *Perspectivas de la ciencia cognitiva. Cognición y desarrollo humano*. Ed. Paidós. Barcelona. 358 p.
- Johnson-Laird, P. N. (1996). Images, models, and propositional representations. In De Vega et al. *Models of visuospatial cognition*. New York: Oxford University Press. p. 90-127.
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). 2008. *Estándares Básicos en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- MEN. *Estándares Básicos de Competencias* (2009). p. 12. Ministerio de Educación Nacional. Serie Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Bogotá: imprenta MEN.
- Moreira, M. A., Greca, I. M., y Palmero, M. L. R. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(3).
- Palmero, M. L. R. (2000). Modelos mentales de célula: una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU. (Doctoral dissertation, Universidad de La Laguna). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=901>. [Consulta: 2019, Junio 27].
- Riera, J. (2006). Los modelos mentales. [Documento en línea]. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:etQLfYPOooJ:jorgecapellariera.com/wp/wp-content/uploads/2013/02/Blog-2-Los-modelos-mentales.doc+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>. [Consulta: 2019, Junio 28].
- Rodríguez, M. y Moreira, M. (1999). Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la célula: dos estudios de casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 4(2), 121-160.
- Rodríguez, M. y Moreira, M. (2002). Modelos mentales Vs Esquemas de Célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), 77-103.
- Rodríguez Palmero, M. L., Marrero Acosta, J., y Moreira, M. A. (2001). La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del Curso de Orientación Universitaria. *Investigações em ensino de ciências*.

Porto Alegre. Vol. 6, n. 3 (set. /dez. 2001), p. 243-268.

Soares, F et al. (2008). Estratégias didática com uso de analogias no ensino de biologia celular. Revista Brasileira de Biociências, 6(1), 37-38.

Tapia Luzardo, F. J., y Arteaga Quevedo, Y. (2012). Selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula: propuesta didáctica. Enseñanza de las Ciencias, 30(3), 0281-294.



Todos los documentos publicados en esta revista se distribuyen bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.