



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Relaciones entre la Teoría de los Modelos  
Mentales y la construcción de una propuesta  
educativa a partir de una unidad didáctica  
para la enseñanza del concepto de célula en  
el grado quinto de básica primaria**

**Luis Hernán Narváez Rebellón**

**Universidad Nacional de Colombia**

**Facultad de Ciencias**

**Medellín, Colombia**

**2016**

**Relaciones entre la Teoría de los Modelos  
Mentales y la construcción de una propuesta  
educativa a partir de una unidad didáctica  
para la enseñanza del concepto de célula en  
el grado quinto de básica primaria**

**Luis Hernán Narvárez Rebellón**

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director:

Magister Wilman Ricardo Henao Giraldo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2016

## **Dedicatoria**

*Dedicada a la memoria de mi Madre Sonia, quien no pudo disfrutar este logro, pero sus amores y enseñanzas quedaron, a mi Padre Armando a quien debo los valores infundidos y a mi hijo Juan Sebastián quien es motor de mi vida y soportó ausencias sin expresar reclamos.*

## **Agradecimientos**

En primer lugar a mi Director Magister en Educación Wilman Ricardo Henao Giraldo, quien me honró con su amistad y quien tuvo toda la paciencia y sabiduría para llevar este trabajo hasta obtener este resultado.

A mis compañeros de maestría, en quienes muchas veces me apoye para poder cumplir con algunos objetivos.

A mi familia, en especial mis hermanos Alberto José y Clara Inés quienes me apoyaron y fueron voces de aliento.

Al ingeniero de sistemas Hugo Cárdenas, quien como compañero de trabajo me colaboró con sus conocimientos para que el referente de las Tics me fuera accesible.

A Marta Gladys Arenas Saldarriaga la madre de mi hijo, quien durante la construcción de su trabajo de grado para recibirse como Trabajadora Social me dio ejemplo de constancia y lucha para lograr los objetivos propuestos.

A los alumnos y alumnas de las diferentes Instituciones Educativas, porque muchas veces sus preguntas, comentarios y dudas fueron y son impulso para continuar aprendiendo.

A todo aquel o a toda aquella que considere que este trabajo le sirve como base para poner en práctica la conjunción enseñanza – aprendizaje.

## **Resumen**

El presente trabajo está dirigido hacia la construcción de una propuesta educativa para la enseñanza del concepto de célula, partiendo de una unidad didáctica basada en los ciclos didácticos de Sanmartí los cuales son contrastados con la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson Laird. Se parte de una pregunta problematizadora o una situación problema y a partir de ella y con la ayuda de prácticas de laboratorios desarrollados dentro de una Unidad Didáctica se pretende que el alumno transforme el modelo mental que tenía por un modelo mental más elaborado que pueda ser utilizado en otras situaciones o en otros contextos.

Palabras claves: Modelos Mentales, Ciclos Didácticos, Representaciones Mentales, Unidad Didáctica, Célula

## **Abstract**

The present work is directed toward the construction of an educational proposal for the teaching of the concept of cell, starting from a teaching unit based on the didactic cycles Sanmartí wich one contrast with the Theory of the Mental Models of Johnson Laird. It is part of a question problema or a problema situation and from it and with the help of laboratories practice developed within a teaching unit it is intended that student transform the mental model that had for a more elaborated mental model that can be used in other situations or in other context.

Keywords: Mental Models, Teaching Cycles, Mental representations, Didactic Unit, Cell.

# Contenido

<b>Agradecimientos</b>	<b>V</b>
<b>Resumen</b>	<b>VI</b>
<b>Contenido</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de tablas</b>	<b>VII</b>
<b>Introducción</b>	<b>9</b>
<b>1. Aspectos preliminares</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Selección y delimitación del tema</b>	<b>9</b>
<b>1.2 Planteamiento del problema</b>	<b>9</b>
1.2.1 Antecedentes	9
1.2.2 Descripción del problema	14
1.2.3 Formulación de la pregunta	14
<b>1.3 Justificación</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Objetivos</b>	<b>16</b>
1.4.1 Objetivo General	16
1.4.2 Objetivos Específicos	16
<b>2. Marco Referencial</b>	<b>26</b>
<b>2.1 Marco Teórico</b>	<b>26</b>
2.1.1 La Célula y la Teoría Celular	26
2.1.2 Teorías Pedagógicas y Didácticas	40
2.1.2.1 Pedagogía Tradicional	40
2.1.2.1 Pedagogía Social de Pestalozzi	41
2.1.2.3 “Enseñanza por la acción” de Dewey	42
2.1.2.4 Modelo de la Escuela Nueva	42
2.1.3 Corrientes Constructivistas	43
2.1.3.1 Didáctica de la biología	44

2.1.3.2 Aprendizaje Significativo de Ausubel	45
2.2 Marco Conceptual	48
2.2.1 Teoría de los Modelos Mentales de Johnson Laird	48
<b>3. Diseño metodológico</b>	<b>60</b>
3.1 Método	60
3.1.1 Unidad didáctica	63
3.1.2 Fundamentación legal de la unidad didáctica	65
3.1.3 El ciclo didáctico	68
3.2 Delimitación y Alcance	68
<b>4. Trabajo Final</b>	<b>70</b>
4.1 Resultados y Análisis	70
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>76</b>
5.1 Conclusiones	77
5.2 Recomendaciones	78
<b>Referencias</b>	<b>79</b>

## Lista de tablas

Tabla 2.1 Sobre condiciones del aprendizaje según Ausubel (2000)	47
Tabla 3.1 Planificación de actividades	79
Tabla 3.2 Cronograma de actividades	80

## Introducción

En este trabajo se buscara conjugar las dos disciplinas de la didáctica como son la enseñanza y el aprendizaje, buscando que en la disciplina científica que es la Biología, cuando esta llega al aula sus conceptos y modelos queden bien establecidos y no como aquello que pasó y no dejó una huella en la estructura cognitiva del alumno. Está organizado de tal manera que se realiza una recopilación a través de los años, de cómo en los textos escolares de primaria y universitarios presentaron el concepto célula y como de alguna manera este fue evolucionando. Luego viene la parte correspondiente al marco teórico donde se expone como evolucionó la Teoría Celular para darle un contexto histórico y para expresar que este no es un concepto surgido de la nada sino que evolucionó a través del tiempo a partir de trabajos en los cuales se tuvo presente o una teoría de la enseñanza o una del aprendizaje o se combinaban ambas. Después de esta parte se hace, en el marco conceptual, descripción de varios de las diferentes teorías de la enseñanza y el aprendizaje (Escuela tradicional, Pestalozzi, Vigotsky, etc.), y por último se toma la de los Modelos Mentales de Johnson Laird con el fin de saber de qué trata esta teoría.

La parte de la metodología plantea una Unidad Didáctica que se aplicara en acuerdo a los ciclos didácticos de Sanmartí y en las partes de los resultados se establecerán las relaciones entre los Ciclos Didácticos y los Modelos Mentales

# 1. Aspectos Preliminares

## 1.1 Selección y delimitación del tema

Existen varios modelos que explican cómo se debe enseñar y también diversas teorías sobre el aprendizaje, y sobre estas dos corrientes de la pedagogía existen miles de trabajos, sin embargo, en lo referente a establecer la unión entre lo enseñado y lo aprendido hay muy pocos trabajos, parece ser que ambas situaciones se pueden dar por separado o porque parece ser que poco interesa si lo enseñado es aprendido o si lo aprendido corresponde a lo enseñado. Es por esto que el presente trabajo trata de establecer un vínculo entre estas dos disciplinas por intermedio de una Unidad Didáctica aplicando los Ciclos Didácticos de Sanmartí y analizada de acuerdo a los Modelos Mentales de Johnson Laird.

## 1.2 Planteamiento del Problema

### 1.2.1 Antecedentes

Partiendo en un inicio de una revisión de los libros de texto para los diferentes grados y en diferentes épocas, e inclusive universitarios en los cuales el concepto Célula es enseñado, algunas tesis de Maestría en donde el concepto Célula es trabajado desde diferentes perspectivas y sobre todo en trabajos de docentes publicados en revistas especializadas, de las cuales a continuación se hace un breve resumen de sus hallazgos.

Salas Cabrera (1983) en su artículo ¿Conceptos o Procesos? Explica con base en dos textos guías para el grado octavo, que consecuencia puede llevar cada metodología para el aprendizaje. Sostiene que el aprendizaje debe estar de acuerdo con los procesos mentales etéreos sostenidos por Piaget. Concluye que es mejor por procesos y que estos pueden estar basados en el Método científico pero aplicado por el alumno.

Astudillo Pombo et al (1984), plantea que aún no se desarrollan trabajos con base en errores conceptuales en Biología, como si se han realizado en el campo de la Física, por eso propone revisar el concepto de la fotosíntesis con respecto a tres ítems y las conclusiones muestran la existencia de graves errores conceptuales en un tema básico de la Biología como es la Fotosíntesis en plantas verdes y además la existencia de preconceptos al igual que ocurre en la Física y la Química.

Solís Villa (1984), presenta una metodología de trabajo para el aprendizaje de las Ciencias que fue propuesta por Posner, Strike, Hewson y Gertzog (PSHG) el cual toma las ideas intuitivas que traen los alumnos para, a partir de ellas, cambiarlas por ideas científicas, pero antes tiene que cumplir ciertos requisitos como son los de asimilación y acomodación, que dependiendo de ellos se dan o no los cambios y además para que se dé la acomodación de la idea científica también deben existir unas condiciones. La explicación de este modelo se da con un ejemplo proveniente de la física.

“Los Conceptos de la Biología en el Proceso de Aprendizaje” de Giordan (1987), explica la importancia de las preconcepciones pues en ellas hay componentes sociológicos y psicológicos que hay que tener presente en el momento de la enseñanza pues estos esquemas mentales, son interdependientes y no pueden ser cambiados de fondo o ser desplazados por explicaciones externas de la lógica del docente. Esto puede resultar que en los estudiantes un concepto puede tener dos realidades; una escolar cuando está en clase y otra menos “rígida” o más “coloquial” en un ambiente “no escolar”.

El artículo “La Metodología Científica y la Enseñanza de las Ciencias. Unas Relaciones Controvertidas” de Gil Pérez (1986) da unos lineamientos a lo que debe ser el método científico para la enseñanza de las Ciencias partiendo de

unas críticas propuestas por Hodson (1985) en donde sobresalen conclusiones tales como que la metodología científica propuesta por los profesores es de tipo inductivista y desconoce las epistemologías modernas. Además que el método científico infravalora todo con respecto al método científico y lleva a los alumnos a pensar que la ciencia está llena de verdades incontrovertibles lo que de hecho le cierra el paso a otras muchas posibilidades de hacer ciencia. Y la que parece más relevante es el llamado “aprendizaje por descubrimiento que motiva principalmente el valor de la experiencia directa lo que no es más que un modelo de aprendizaje empírico/inductivista que distorsiona lo que debe ser una buena visión de la metodología científica.

Sugiere la emergencia de un nuevo modelo de enseñanza aprendizaje si se tiene en cuenta ciertas pautas que permitan que la metodología científica si logre alcanzar una mejor enseñanza de las Ciencias.

Gutiérrez (1987) explica el modelo de Ausubel desde los tópicos que refiere en “Concepto de Aprendizaje que se explicita” en el cual hace referencia a los tipos de aprendizaje que propone Ausubel; “los criterios de competencia para el aprendizaje donde se dan de manifiesto que condiciones para que un sujeto se dé al aprendizaje significativo. El otro tópico de “criterios para el establecimiento de secuencias de aprendizaje” donde se hace alusión a que debe haber una diferenciación progresiva para que se establezca la secuencia de aprendizaje. Y en su último criterio que trata sobre los aspectos más criticados del modelo ausubeliano donde el autor las agrupa en tres grandes bloques: críticas relativas a la validación del modelo, ámbito de aplicación del mismo y concepción epistemológica subyacente.

Astolfi (1988) presenta un trabajo sobre “El Aprendizaje de Conceptos Científicos: Aspectos Epistemológicos Cognitivos y Lingüísticos”, donde expone una serie de aprendizajes, sobre todo de esquemas en los cuales hacen falta la relación con la

función que hacen y que a un mismo concepto hay diferencias de interpretaciones. Manifiesta que la existencia de estas representaciones, la lentitud con que se dejan abolir y las regresiones frecuentes, obliga a estar muy atento para cuando se vayan a hacer nuevas relaciones. Estas representaciones obligan a pasar por diferentes formulaciones sucesivas a lo largo de su vida escolar.

Por medio de cinco ejemplos explica la diversidad de planos como el lingüístico, el lógico y el epistemológico.

Sigüenza et al (1990) en su trabajo “Análisis de la Resolución de Problemas como Estrategia de Enseñanza de la Biología” explica que en este campo a diferencia de las matemáticas, física o química no presenta una respuesta dada por un algoritmo, aunque en la Genética pueda ser empleado. Plantea que se requiere que haya por lo general el diseño de un experimento y a partir de él empezar a deducir, a plantear hipótesis, a crear métodos que conlleven a una pregunta planteada con anterioridad, como un problema a resolver el cual debe estar basado en la comprensión del área del conocimiento.

La estrategia de enseñanza de la Biología basada en la resolución de problemas debería contemplar la definición de una experiencia o situación natural.

“Las Ideas de los Alumnos y Alumnas acerca de la Estructura Celular de los Seres Vivos” de Caballer y Giménez (1992) realizan un análisis de las ideas espontáneas de los alumnos de diferentes grados a la multicelularidad, llevando como conclusión que hay desconocimientos en los conceptos básicos y además no se interrelacionan las estructuras con las funciones y que el aprendizaje del concepto Célula no es un aprendizaje significativo. Además que siempre se lleva a pensar en la célula animal y poco o muy poco con respecto a la célula vegetal. Como recurso se plantea que haya una explicitación de las ideas de los alumnos

y alumnas y a partir de ellos se diseñen experiencias que les permitan corroborar o desechar sus ideas.

Una revisión sobre las principales corrientes y tendencias para la enseñanza de las Ciencias, y el análisis de cada uno de estas fue propuesta por Campanario y Moya (1999) en cuya revisión ellos concluyeron que hay un amplio abanico de posibilidades, además se insiste en que los alumnos deben de tener un papel más activo en la clase. Otra conclusión a la que llegaron es que se requiere más tiempo para desarrollar los contenidos, del que se requiere para la enseñanza tradicional lo que conlleva a que los programas se reduzcan. También concluyeron en que la metacognición se empieza a tener en cuenta pero todavía no se ve como puede ser orientada. Y, por último, la resistencia que hay entre profesores y alumnos para asumir los cambios y hay cierta preferencia hacia ser conservadores en sus métodos de enseñanza.

El concepto de célula es fundamental en Biología, para la comprensión de los fenómenos biológicos y de cómo funciona la biotecnología. González y Harms (2012) en su trabajo “Del Árbol al Cloroplasto: Concepciones Alternativas de estudiantes de 9º y 10º grado sobre los Conceptos de <<Ser Vivo>> y <<Célula>>”, plantean un trabajo en donde encuesta alumnos de 9º y 10º sobre la célula y sus funciones y concluye que debe haber una enseñanza más integradora, en donde se vincule la estructura y la función de la célula: se debe tener también muy presente que la enseñanza de la célula debe hacerse desde el punto de vista funcional y no desde lo estructural.

Además que el concepto célula no es un algo cotidiano y que su enseñanza debe partir de lo que sabe el alumno, es decir desde lo macroscópico o cotidiano a lo microscópico o científico.

La investigación realizada por Benarroch y Núñez (2015) con niños entre los 12 y 13 años en Argentina y titulada “Aprendizaje de Competencias Científicas versus

Aprendizaje de Contenidos Específicos. Una propuesta de evaluación” se plantea trabajar el Modelo Corpuscular de Masa a través de una secuencia de enseñanza para la cual trabajaron primero en una intervención pedagógica y luego sobre unos experimentos sencillos en los cuales se les indagaba que había pasado en estos. La información recogida es tratada mediante un análisis estadístico y concluyeron que mejoraron su rendimiento total tras la intervención pedagógica y que con respecto a los valores en el nivel explicativo – competicional fueron casi igual a los obtenidos antes de la intervención pedagógica. Se muestra en este trabajo que el Aprendizaje de Competencias Científicas es más efectivo que el Aprendizaje de Contenidos.

Serrano (1987) explica sobre las representaciones de los alumnos en Biología y empieza comentando que la mayoría de los trabajos están hechos con conceptos de física, pasa luego de realizar un listado de cuáles son los más comunes errores conceptuales en la Biología y entre estos se encuentra que conceptos como selección natural y evolución son confundidos y aún predomina un concepto lamarckiano; otro es el de herencia y reproducción sexual, pues hay poca comprensión de los conceptos de meiosis, gametos, mitosis y termina diciendo que muchos de estos conceptos, después de intervenciones didácticas directas duran muy poco en el conocimiento del alumno y después de un tiempo se regresa a la concepción que se tenía antes de cualquier intervención pedagógica.

Como parte de los antecedentes, también se hizo una corta revisión de textos escolares, únicamente con la intención de observar cómo ha ido evolucionando este concepto, lo cual también nos acerca a una idea de cómo se ha enseñado.

Weisz (1972) empieza con una brevísima descripción de la Teoría Celular y luego hace referencia al tamaño de la célula explicando por qué si son más pequeñas o más grandes pueden presentar problemas en su organización y fisiología, sigue con una descripción de cada uno de los organelos tratando de

incluir dentro de ella, una comparación de la célula animal y la célula vegetal y con las móneras (bacterias). Igualmente Weisz (1975) presenta una nueva edición donde ya aparece un dibujo esquemático bidimensional de la célula y se complementa con otras fotografías tomadas de microscopio electrónico.

Rojas y Lecuona (1988) en su libro escolar para el grado sexto habla de los organismos unicelulares y elabora una lista de organelos con su definición acerca de la función que cumple cada uno en la célula.

Ibarra (1988 – 1989), en el libro Investiguemos 6, presenta una muy breve historia sobre la Teoría Celular, una explicación sobre las formas de las células y una lista de los organelos con su forma, ubicación y función dentro del citoplasma. También presenta unos gráficos de las células tridimensionales animales y vegetales.

Moncayo et al (1995) trabajaron en el texto escolar “Ciencias 6°. Naturaleza y Salud” en el cual describen brevemente la forma de las células, hacen una muy breve historia de la Teoría Celular y presentan una serie de experimentos de laboratorio con varios tipos de célula animal y vegetal y luego realizan una descripción de cada uno de los organelos y su función.

Pedrozo et al (1996) en su libro “Exploremos la Naturaleza” inician el tema de la Célula con una breve historia de la Teoría Celular, continúan su estructura y función donde delimitan las tres principales partes de una célula como son: membrana celular, citoplasma y núcleo, y luego describen cada una de estas partes con sus diferentes funciones y sus componentes. Cierran el capítulo dando una idea del tamaño y las clases de células y la diferencia entre las células animales y vegetales y hacen una breve descripción de cómo se reproducen las células.

Audesirk *et al* (2003) en el libro universitario Biología La vida en la Tierra presenta el capítulo de la célula con una muy buena descripción de acerca cómo es, cómo

funciona, cuáles son sus organelos y sus funciones, presenta fotogramas de diversas células, diferencia entre las células procarióticas y las eucarióticas. Sin embargo, no recrea todas las células y llega a la misma parte donde llegan la gran mayoría de los libros de Biología, es decir un esquema estereotipado de lo que puede ser una célula o mejor de lo que es una célula.

Parga (2005) para el libro Vida 6 realiza un cuadro comparativo con respecto al material genético, la envoltura nuclear, las moléculas complejas y la membrana celular entre una célula eucariota y una célula procariota. Presenta figuras que muestran diferentes tipos de células, aparece por primera vez en los textos revisados el concepto de Teoría Simbiótica de Lynn Margulis y un dibujo en tercera dimensión de una célula eucariota. Además los organelos vienen acompañados de figuras y de la función que cada uno realiza. En la edición del año 2008 de la misma autora se ve un trabajo mucho más elaborado en el capítulo o tema de La Célula y su estructura con gráficas en tercera dimensión lo que permite una mejor visualización de lo que se va a enseñar.

Ville (1996) en el capítulo referente a células y tejidos inicia con la historia de la Teoría Celular y luego continua la membrana plasmática su morfología y función, como intercambia con el medio sustancias y los procesos a través de los cuales realiza los intercambios. Después toma el citoplasma y los organelos y en cada uno de ellos se explica cómo están formados y cual función cumplen dentro de las células. Es un texto lleno de imágenes de microfotografías y de gráficos para ayudar en la comprensión de lo expuesto.

Rivera G (2011) en su tesis de maestría tiene como objeto de estudio “la construcción de una propuesta de enseñanza del concepto de célula teniendo en cuenta su historia y epistemología que sirva de referencia al profesor en el contexto escolar”

Marlene Reyes (2013) presenta la adecuación y aplicación de una propuesta metodológica para la enseñanza del concepto de célula en profesores de Biología en secundaria ya que sus alumnos universitarios presentaban dificultades en el dominio del concepto célula.

Los Modelos “Mentales y Modelos Conceptuales en la Enseñanza /Aprendizaje de las Ciencias” elaborado por Moreira et al. (1998) en este artículo tratan de explicar cómo aprehendemos el mundo, el cual no se hace directamente, sino a través de representaciones que realizamos del mundo en nuestras mentes. por su parte las teorías científicas, en cuanto son estructuras representacionales que sirven para describir el estado de las cosas en un mundo “ideal”, las representaran y las recrearan internamente por quien las comprende de una forma que no debe ser igual a como estas teorías se representan externamente y desde esta mirada los alumnos pasan a ser constructores de su conocimiento y de esta manera el aprendizaje de las Ciencias es más significativo ya que el alumno es capaz de recrear esas teorías en sistemas de representación internas de conceptos relacionados y no simples listas de hechos y fórmulas que es lo que se habitúa.

La estructura y el contenido de las formas representacionales con las cuales, los alumnos internamente representan los conceptos científicos han sido objeto de investigación convirtiéndose en un núcleo importante de investigación.

Este interés se da desde la Psicología Cognitiva y la Didáctica de las Ciencias. De la primera disciplina se han planteado que las diferentes teorías de desarrollo conceptual eran insatisfactorias pues partían de conceptos equivocados del cambio y también por métodos inadecuados en su estudio. Desde la Didáctica de las Ciencias se tienen abundantes estudios sobre prácticas instruccionales tratando que los alumnos adoptasen conocimientos científicos compartidos (el cambio conceptual) pero a pesar de esos esfuerzos realizados, todavía no se llega a ese objetivo.

Rodríguez Palmero et al (2001) en el trabajo “La Teoría de los Modelos Mentales de Johnson - Laird y sus principios: Una Aplicación con Modelos Mentales de

Célula en estudiantes de orientación universitaria”, luego de una discusión previa sobre la idoneidad de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson - Laird realizaron una investigación relativa a las representaciones mentales de un grupo de estudiantes de un curso de orientación universitaria y concluyeron que son prácticos en la acción, además permiten definir o “delimitar criterios que faciliten la interpretación de lo que son los modelos mentales como mecanismos de representación que la mente humana pone en juego como intermediarios en el procesamiento de la información”.

Además permite establecer cuáles alumnos cambiaron sus modelos mentales por otros modelos de los cuatro modelos mentales propuestos.

Greca y Moreira (1998) presentan el trabajo “Modelos Mentales, Modelos Conceptuales y Modelización”, subrayan que los trabajos en Psicología Cognitiva ayudan a la comprensión de los procesos de aprendizaje e instrucción ya que los aportes que hacen revolucionan la educación ya que proveen elementos teóricos que detallan mejor, que cualquier otra teoría, las representaciones mentales y los procesos que subyacen al desempeño en un área cualquiera de las Ciencias.

Si estos procesos y representaciones son comprendidos, las preguntas siguientes presentan implicaciones educativas claras, son ellos innatos o adquiridos (construidos) si la respuesta es: adquiridos las preguntas son ¿Cómo es que los estudiantes los adquieren? ¿Es posible diseñar métodos para facilitar esa adquisición? De estas preguntas se entra a conceptualizar.

### **1.2.2 Descripción del problema**

El concepto de célula es un problema que se manifiesta cuando los alumnos y/o las alumnas pasan de la primaria al bachillerato y los conceptos biológicos se hacen más complejos y ellos no están, en su gran mayoría, preparados para afrontar esta complejidad conceptual y optan por dos vías o bien no les interesan los temas por abstractos o acomodan su pensamiento científico formado también en lo socio – cultural a lo que pueden o no entender. Todo esto redundará más adelante cuando se tocan temas como la genética mendeliana, los temas referentes a los ácidos nucleicos, la fotosíntesis o la respiración, los cuales requieren un poco más de conocimiento y abstracción para poderlos entender. Un indicador de esto se ve reflejado en los resultados de las pruebas Saber.

Plantear una propuesta metodológica donde se pueden dar el aprendizaje con la enseñanza y que esta repercuta en la estructura mental del alumno o de la alumna es la razón, por la cual se plantea este trabajo.

### **1.2.3 Formulación de la pregunta**

La experiencia en la enseñanza de las Ciencias Naturales y en particular de la Biología, reflejan dificultades en los y las estudiantes de los grados sexto, séptimo, octavo y noveno de las diferentes instituciones educativas, para comprender, desarrollar y asociar con el concepto de célula cuestiones

relacionados con la mitosis, meiosis, respiración celular y fotosíntesis y otros aspectos de su fisiología.

En la práctica docente se establece que los estudiantes de los grados séptimo y octavo tienen dificultad con el concepto de célula pues al momento de dar explicación de una de sus estructuras como por ejemplo la membrana, presentan obstáculos para asociar esta parte de la célula con procesos como la respiración celular, la excreción y la nutrición, además se evidencia problema al momento de relacionarse función con la divisiones celulares y la genética.

La principal razón para abordar esta investigación proviene de tiempo atrás, cuando se reforzaron alumnos de los grados séptimo, octavo y noveno de la Institución Educativa Santa Elena del corregimiento de Santa Elena en el municipio de Medellín y encontrar que cuando se les preguntaba acerca del concepto de célula sus respuestas eran muy difusas y en ocasiones erróneas y al solicitarles el representar una célula casi todos aparecían con el clásico dibujo del “huevo frito” es decir un círculo grande con otro pequeño dentro, por lo general fueron muy pocos los que le pusieron algún otro organelo distinto del núcleo y cuando lo ponían no sabían qué función cumplía dentro de ella, además cuando se les mostraban organismos unicelulares no los reconocían como tales, muy pocos sabían la diferencia entre una célula animal y vegetal. Igual sucedía cuando se les mostraba fotografías de células animales como las células nerviosas o células musculares, óvulos o espermatozoides.

Los anteriores problemas se pueden asociar a como se ha venido planteando la enseñanza del concepto de célula ya que aparte de desconocerse la historia de la Teoría Celular y la evolución del concepto a pesar de haber sido trabajada bajo varias teorías de enseñanza no han dado el resultado en el aprendizaje esperado.

Desde la experiencia docente, el proceso enseñanza – aprendizaje de la Biología, ha dejado de lado la utilización de recursos didácticos, las salidas de campo, el uso del microscopio, prácticas de laboratorio, dejando la enseñanza a una manera plana propia de los sistemas educativos tradicionales, los cuales son definidos por Pozzo M y Gómez C (1998), como que “siempre es arriesgado, en un ámbito tan complejo como la educación científica, identificar un enfoque como *tradicional* ya que sin duda en todo momento coexisten diferentes tradiciones”; como la escolástica que se fundamenta en el método y el orden y en la cual el profesor es el encargado de preparar y guiar la clase que es lo que deben seguir sus alumnos. La disciplina y las diferentes formas de castigo son los estímulos al aprendizaje. En esta la enseñanza es igual para todos y la repetición es lo fundamental dándole prioridad a la memoria. Este tipo de enseñanza, aún, hoy en día se refleja en las aulas de los colegios y en las universidades.

En la actualidad se evidencian dos prácticas dominantes para la enseñanza de la Biología, la primera más articulada en torno a los contenidos verbales, que aún hoy en día siguen siendo la base central de su enseñanza. Se dispone de buenos datos científicos, pero no hay manera de hacérselos llegar a los estudiantes en la utilización de estrategias, formas, y recursos. La segunda, el profesor puede contar con excelentes medios y recursos, sin embargo en ocasiones se carece del saber disciplinar.

Lo anterior ligado a que según Pozzo y Crespo (1998) “existen muchas investigaciones que demuestran que los alumnos no poseen conocimientos conceptuales adecuados lo que ha llevado a reorientar las propuestas de investigación e innovación didáctica hacia la comprensión de los núcleos básicos de la ciencia”.

De otra parte se asume que la comprensión de los núcleos básicos de la ciencia es realmente difícil para los alumnos y las alumnas y por eso se necesitan

estrategias didácticas especialmente diseñadas para ello. El principal problema que se tiene es que los y las estudiantes llegan a las aulas con fuertes concepciones alternativas a los conceptos científicos que se le enseñan, por eso, en el caso de la Célula, la concepción alternativa con la que llegan es la del huevo. Concepto que se formó en la casa y en la escuela desde los primeros años y que no permiten que cuando se habla de otras células como las musculares o las nerviosas se “asimilen” esos nuevos conceptos.

Al momento de enseñar el concepto de célula, generalmente no se presenta sus fundamentos históricos y epistemológicos que permiten la comprensión de la teoría tal como se entiende actualmente, si bien éste aspecto ha sido importante para la enseñanza de la química y la física específicamente en la evolución del concepto de átomo, develar el cómo se descubrieron sus partículas y las diferentes concepciones de movimiento a través de la historia, parece que mostrar la naturaleza de ciencias, sea un asunto aludido para enseñar la biología y sólo sea una cuestión importante de la física y la química, aunque también sea abordado en la enseñanza de modo tangencial.

En la revisión de la literatura, no se encontraron estudios que relacionen la teoría de los modelos mentales con las construcciones de unidades didácticas para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto, por esta razón se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las relaciones entre la teoría de los modelos mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula?

### **1. 3 Justificación**

Se pretende con este trabajo lograr identificar un Modelo o teoría que permita que el binomio enseñanza – aprendizaje del concepto de Célula sea aceptada por una gran mayoría de los y las estudiantes, así mismo sea una herramienta a los otros docentes de Ciencias Naturales para enfocar la enseñanza en un tema que si no es bien aprendido va a impedir que temas más profundos puedan ser comprendidos sin mucha dificultad.

A través de las Ciencias Naturales para el maestro, es esencial tener una idea clara de la materia que se enseña, cualquiera que esta sea. En la Biología se puede establecer que parte del conocimiento que se imparte viene con sesgos debido a múltiples factores, tales como profesores de ciclo básico de primero a tercero que tienen una formación profesional diferente a la de las Ciencias Naturales, poca interactividad entre lo que se enseña y lo que nos rodea, estándares muy amplios que definen una serie de conocimientos que se tienen que aprender y aprehender en cualquiera de los tres años, lo que conlleva a que si no se aprendieron y aprehendieron en estos tres años el conocimiento posterior va a tener falencias.

Según Reyes (2013), el “proceso de enseñanza aprendizaje de la Biología no es posible sin la formación de conceptos; muchos de ellos básicos para la comprensión de la esencia misma de esta ciencia; de ahí, lograr que los estudiantes sean capaces de construirlos y desarrollarlos ha sido una gran preocupación de los profesores, sobre todo si tenemos en cuenta que la tendencia mayormente es a la memorización de estos, sin que haya existido previamente un análisis que posibilite el que estos sean interiorizados de manera consciente”.

Uno de los capítulos sobre el cual se basa gran parte de la enseñanza y del aprendizaje de las Ciencias Naturales es el de la Célula y es a partir de la enseñanza de esta y de cómo se enseñó y cómo se aprendió, es que los

procesos siguientes como el estudio de la mitosis y de la meiosis pueden ser entendidos sin que el estudiante se encuentre con obstáculos conceptuales.

También para cambiar la idea que va asociada a la premisa de que el aprendizaje de las Ciencias Naturales poco les va a servir para su vida futura y es una materia a la cual no se le da la importancia en la escala social tanto como a la matemática o el español. La poca interacción que se puede tener con los estudiantes desde un taller o una actividad en las clases debe ser reemplazada por una pedagogía de aula que tenga una buena participación de los estudiantes y que logre el resultado final de comprender el concepto de Célula.

También hay un desestimulante y es el no contar, en muchas instituciones educativas, con un laboratorio que permita realizar prácticas sencillas que lleven a que lo explicado en clase o lo que se va a explicar pase primero o después por la experiencia manual y de apertura a nuevos conocimientos por medio de dicha experiencia.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Caracterizar las relaciones entre la teoría de los modelos mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula para el grado quinto de básica primaria.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

Describir la teoría de modelos mentales de Johnson Laird evidenciando sus aplicaciones al momento de enseñar el concepto de célula.

Diseñar una unidad didáctica con prácticas de laboratorio que permita a los estudiantes de quinto de básica primaria, modificar sus representaciones mentales sobre el concepto de célula.

Evaluar las implicaciones de la teoría de los modelos mentales en la enseñanza del concepto de célula a través de los ciclos didácticos.

# **1. Marco Referencial**

## **1.1 Marco Teórico**

En esta parte se van a presentar como se desarrolló la Teoría Celular a partir de los descubrimientos de algunos más relevantes investigadores de los siglos pasados y algunas de las diferentes corrientes o teorías pedagógicas o didácticas que han marcado la pauta dentro del binomio enseñanza – aprendizaje.

### **2.1.1 La Célula y la Teoría Celular**

Como aspecto importante del presente trabajo está la Célula y la Teoría Celular, debido a que sobre estas dos y su enseñanza gira el presente trabajo. A partir de este concepto se realizará un recuento cronológico de cómo se fue formando el Concepto célula y también cómo se construyó la Teoría Celular.

Uno de los primeros que explicó o por lo menos supuso que la materia era una forma continua y que el hombre era parte de esa materia continua fue el filósofo y naturalista griego Aristóteles. Parece ser que durante más de 20 siglos no hubo un interés plausible por averiguar la composición de la materia en los seres vivos, aunque se avanzó en cuanto al conocimiento de la física y de la química, ambas de la mano de las matemáticas, y por supuesto mayor avance en esta última disciplina.

Hubo hechos dentro de las ciencias que contribuyeron al avance en el conocimiento de la Célula y de su teoría. Estos hechos fueron los aportes desde la parte filosófica de Roger Bacon y Renato Descartes quienes sentaron las bases epistemológicas para que se hiciera la transición de una ciencia especulativa a una ciencia basada en la observación y la experimentación.

Otro asunto importante dentro del conocimiento de la Célula y la Teoría Celular fueron los avances tecnológicos, hechos que ocurren durante el siglo XVII, y entre ellos el más importante fue el invento de las lentes que podrían aumentar el tamaño de los objetos y la utilización de estos lentes en la construcción de un microscopio, relacionado por el holandés Anton van Leeuwenhoek quien alcanzó aumentos hasta de 250X. De esta manera se puede decir que él fue el precursor de los conocimientos de la célula ya que hizo observaciones de espermatozoides y glóbulos rojos los cuales son descritos sin llegar a establecer componentes básicos de la materia viva.

El conocimiento de la Célula y la Teoría Celular se inicia con los trabajos de Robert Hooke, quien en su publicación "Micrographia" en 1665 hace la descripción de las láminas de corcho, sentando la base morfológica de la célula y otras observaciones realizadas al microscopio; es aquí donde se empieza a utilizar la palabra "célula" que viene del latín "celli" que significa "celdilla" que fue lo que observó Hooke en el microscopio, del tejido de corcho. Es de anotar que Hooke mejoró el microscopio que inventó Leeuwenhoek.

Nehemiah Grew (1641 - 1712) En su publicación "Anatomy of Plants" de 1628 escribe sobre la sustancia plástica fundamental, sobre el polen y reconoce a las células de las plantas nombrándolas como vesículas, pero aun no llega a entender su significado.

Rudolph J. Camerarius (1625 - 1721) quien en su publicación "De sexu plantarum epistola" en 1694, plantea la sexualidad de las plantas al experimentar con la morera y determinar que cuando las plantas masculinas son alejadas de las plantas femeninas estas últimas pueden producir frutos pero estos no presentan semillas. Sus estudios para la sexualidad se basaron en los de Ray y Grew en 1628.

Jan Swammerdam (1637 - 1680), fue un anatomista y zoólogo holandés que se dedicó al estudio de la anatomía y etología de los insectos a los cuales los estudió con el microscopio que él mismo construyó. Estableció una homología entre los estadios metamórficos de la rana y los insectos.

Después surgen dos teorías que se oponen, una es el preformismo y la otra el epigenismo. El preformismo o preformacionismo es una antigua teoría biológica que data desde la Grecia Antigua donde fueron defendidas por Leucipo de Mileto y Demócrito y en los finales del siglo XVII se impone. Un hecho que ayuda a consolidar esta teoría es la aparición del cálculo integral (Leibnitz) que permitió suponer que la materia era divisible hasta el infinito y por lo tanto la posible existencia de estructuras orgánicas infinitamente pequeñas.

Esta teoría expone que el desarrollo del embrión no es más que el crecimiento de un organismo que estaba ya preformado (homúnculo); entre sus defensores también se dan dos corrientes entre los cuales se encuentran Malpighi, Swammerdam, Bonnet, Spallanzani, De Graaf, Reamur, quienes defienden el “ovismo” pues se supone que el germen se encuentra en una sola célula y esta es el óvulo.

Los “animalculistas” defienden que su preformismo está basado en el espermatozoide pues presenta movimientos (un animáculo) y son defensores Leeuwenhoek, Malebranche entre otros.

El epigenismo es una teoría que inicialmente no fue científicamente aceptada y se enfoca hacia el método por el cual se desarrolla un individuo: un embrión se desarrolla a partir de un huevo/cigoto que no se ha diferenciado. Es decir no existen componentes miniaturas de órganos preexistentes en los gametos (huevo o espermatozoide). La epigénesis predice que los órganos del embrión son formados de la nada, por medio de inducción por parte del ambiente. Son defensores de esta

Teoría Isidore Geoffrey, William Harvey, George – Louis Leclerc Comte de Buffon, Caspar Friedrich Wolff.

Luego de estas corrientes científicas se presenta un estancamiento en las investigaciones. En este período pueden sobresalir lo realizado por Alfred von Haller (1708 - 1777) un científico suizo que es considerado el padre de la fisiología moderna al establecer que existía algún tipo de relación entre el dolor y los nervios, en cuanto a la embriología al observar huevos de aves pasó de epigenista a preformista.

También se destacan Marie François Xavier Bichat (1708 - 1777), biólogo, anatomista y fisiólogo francés, trabaja sobre tejidos siendo el fundador de la histología moderna. Fue una de las figuras importantes del vitalismo como reacción al materialismo mecanicista estableció 21 tipos de tejidos.

Henri Marie D. de Blainville (1777 - 1859), fue un naturalista, zoólogo y anatomista francés; su trabajo se centró en los tejidos y en fisiología general y comparada, además de la clasificación taxonómica de plantas y animales.

La formulación de la Teoría Celular comienza con el desarrollo de la microscopia destacándose los siguientes científicos:

Robert Brown (1773 - 1858), médico cirujano, botánico escocés, fue el primero que nombró el núcleo (1831) a pesar de que ya había sido observado antes por Leeuwenhoek y en 1802 Franz Bauer lo había dibujado como una característica normal de las células vegetales. Tanto Bauer como Brown pensaban que el núcleo era exclusivo de las monocotiledóneas.

Felix DuJardin (1801 - 1860), fue médico, naturalista, geólogo y zoólogo francés que realizó estudios sobre los infusorios, descubriendo un nuevo grupo animal al que llamó Rhizopoda al que luego cambió a Protozoa. También descubrió que las

células no eran huecas como lo pensaba Hooke(al observar el corcho), sino que estaban formadas por una sustancia gelatinosa.

En el grupo Foraminifera describió la sustancia “sarcode”; con lo cual nace el protoplasma (término acuñado por Hugo von Mohl) y asoció este protoplasma con los procesos de vida.

Otro de los precursores de la formulación de la Teoría Celular fue Gottfried R. Treviranus (1776 - 1837), médico y botánico alemán fue defensor de la transformación de las especies, realizó una clasificación de los tejidos animales.

Karl F. Heusinger (1792 - 1883) anatomista, fisiólogo alemán, trabajo sobre patologías colaborando con el avance de la histología.

Christian G. Ehrenberg (1795 - 1876), fue naturalista, zoólogo, botánico, anatomista, geólogo y microscopista alemán. Trabajo sobre hongos. Observando muestras de suelo, agua, sedimentos y polvo describió miles de especies de flagelados, ciliados y diatomeas y algunos los nombró dentro de los Radiolarios. Demostró que la fosforescencia del mar se debe a microorganismos.

Jan Evangelista Purkinje (1787 - 1869), fue un anatomista, fisiólogo, botánico checo, contribuyó con la neurología. Su descubrimiento más conocido son las células de Purkinje, que son grandes neuronas con muchas ramificaciones de dendritas encontradas en el cerebelo; también por las fibras de Purkinje que es un tejido fibroso que lleva los impulsos eléctricos del nódulo auriculoventricular a todos los ventrículos del corazón. Fue el primero en utilizar el microtomo para realizar finos cortes de tejidos para observación microscópica y fue el primero en utilizar una versión mejorada del microscopio compuesto.

Johannes P. Müller (1801 - 1858) anatomista y fisiólogo alemán que realizó contribuciones en la Fisiología, la Neurobiología, la Embriología y Zoología.

Estudió las propiedades físico - químicas del sistema linfático, el quilo, la sangre e hizo estudios anatómicos comparados de peces e invertebrados marinos.

Matthias Jakob Schleiden (1804 - 1881), botánico alemán. Estudió las plantas al microscopio y concibió la idea que estaban formados por unidades reconocibles o células. Afirma que el crecimiento de las plantas se da por la generación de células nuevas a partir de, según sus especulaciones, de núcleos celulares de las células viejas. Su concepto de célula como unidad estructural común a todas las plantas, logró que los científicos se fijaran en los procesos vitales que se producían a nivel celular, y debido a esto, se produjo el surgimiento de la Embriología.

Theodor Schwann (1810 - 1882) naturalista, fisiólogo y anatomista prusiano, quien contribuyó notablemente a la histología. A partir de los trabajos de Schleiden en plantas se interesó y propuso una línea de investigación sobre tejidos animales. No sólo verificó la existencia de células sino que trazó la ruta de los tejidos adultos a partir de etapas tempranas del embrión. Sus conceptos, complementados con los de Schleiden dieron origen a la Teoría Celular.

Robert Remak (1815 - 1865), fue embriólogo, histólogo, fisiólogo, neurólogo y micólogo alemán quien contribuyó en la embriología a reducir el número de las capas embrionarias a tres (endodermo, mesodermo y ectodermo); también hizo importantes contribuciones al estudio de los procesos mitóticos, definiendo que las células se dividían por escisión del núcleo.

Rudolf Ludwig Karl Virchow (1821 - 1902) postuló que “toda célula proviene de otra célula” aunque no es totalmente suya se le debe tener en cuenta en el contexto de la patología celular.

Friedrich Gustav Jakob Henle (1809 - 1885) fue médico patólogo, anatomista y zoólogo. Se le relaciona con la aplicación de la Teoría Celular de Schwann, llevándola a la anatomía microscópica y publicó el primer tratado de anatomía.

Trabajo con el tejido epitelial descubriendo los epitelios columnar y cilíndrico. Él explicó la función del epitelio ciliar en el intestino.

Hugo von Mohl (1805 - 1872). Botánico alemán, fue el primero en describir el comportamiento del protoplasma durante la división celular, identificó la membrana citoplasmática de las células vacuolares, explicó la naturaleza del núcleo celular.

Max Johann Sigismund Schultze (1825 - 1874). En su trabajo con la Teoría Celular unió la concepción de sarcode con el protoplasma vegetal y colocó ambos nombres bajo uno sólo, el cual llamó protoplasma y definió a la célula como una masa nucleada de protoplasma con o sin pared celular.

Louis - Antoine Ranvier (1835 - 1922), médico, histólogo, descubrió la mielina y los nódulos que recubren los axones de las neuronas, descubrió las células de Merkel - Ranvier que se encuentran en la placa basal de la epidermis, lo mismo que los discos de Ranvier.

Karl Wilhelm von Nägel (1817 - 1891) investigador de botánica suizo que descubrió los cromosomas en el siglo XIX y estudió la división celular en vegetales.

Carl Theodor Ernst von Siebold (1807 - 1885) anatomista botánico y zoólogo animal. Trabajo en Helminología y en Entomología. Fueron importantes sus trabajos sobre partenogénesis en polillas y abejas.

Santiago Ramón y Cajal (1852 - 1934) Médico español especializado en Histología y Anatomía Patológica, descubrió los procesos conectivos de las células nerviosas.

Concluyendo la parte cronológica acerca de los más importantes investigadores y sus contribuciones a explicar la Célula y su funcionamiento, se resume a continuación lo que son los postulados de la Teoría Celular Moderna.

- La Célula es la unidad básica estructural de todos los seres vivos, todos los organismos están formados por células.
- La Célula es la unidad funcional de todos los organismos. Todo el funcionamiento del organismo depende de las funciones que ocurren al interior de la célula, respiración, reproducción, digestión, crecimiento entre otras.
- Todas las células se originan por la división de células preexistentes (en otras palabras a través de la reproducción). Cada célula contiene material genético que se transmite durante este proceso.
- Las células contienen el material genético.

## **2.1.2 Teorías Pedagógicas y Didácticas**

En el siguiente apartado se conceptualiza a partir de la pedagogía y la didáctica de las Ciencias, como referente teórico que sirve para explicar los procesos de enseñanza que se desarrollan en la propuesta.

### **2.1.2.1 Pedagogía Tradicional**

La Pedagogía Tradicional, durante mucho tiempo, ha estado presente en las prácticas educativas aunque no ha sido muy bien sustentada, no ha contado con defensores teóricos. Este tipo de pedagogía presenta la característica de haberse impuesto y parecer que es eterna, cuando su acción sólo ha sido por breve tiempo. Se puede afirmar que en la Pedagogía Tradicional, con el propósito de enseñar conocimientos y normas, el maestro cumple la función de TRANSMISOR; de tal manera que el maestro dicta y el alumno copia, hay castigos y el aprendizaje se constituye en un acto de autoridad. Además se trata de que el niño se discipline y deje de ser niño, al menos dentro del aula, por eso se colocan retos que el alumno tenga que vencer y de esa manera la educación se torna atractiva.

El alumno debe imitar y copiar, aunque lo que él copie no lo entienda. Esta escuela pedagógica se sustenta en el mal trato al estudiante, justifica la imitación y propone como única posibilidad de aprendizaje en la escuela es la copia sucesiva de lo expresado por el profesor. Aún hoy en día se tiene como principal manera de enseñanza esta escuela y debido a esto es que han venido quedando vacíos conceptuales en los diferentes temas biológicos. Desde esta perspectiva el concepto de Célula es muy difícil de que quede establecido en los esquemas o conceptos mentales a largo plazo de los estudiantes.

#### **2.1.2.2 Pedagogía Social de Pestalozzi**

Aunque esta pedagogía no tuvo un carácter sistemático, sus ideas sobre aprendizaje, intuición y conocimiento fueron simples, sin embargo en estos se encierran conceptos básicos de la pedagogía que aún se utilizan basados ahora en conocimientos científicos. La pedagogía social de Pestalozzi se basa en motivar, fijar objetivos y establecer niveles de eficiencia; analizar primero cómo se produce en el estudiante (que es al fin y al cabo lo que es la teoría educativa) y en establecer qué se va a enseñar, que constituye la didáctica apoyada en las leyes del aprendizaje. El basa su pedagogía en el Método Intuitivo como fundamento para llegar al conocimiento sensible de la realidad. Este conocimiento implica una relación recíproca entre la mente y la intuición, entre el cerebro y los sentidos. De esta manera el conocimiento surge cuando el alumno abstrae las cualidades particulares y las identifica con la esencia del objeto hasta llegar a convertirlo en concepto o idea. Se puede decir que esta es la base para varias teorías pedagógicas como la del constructivismo de Piaget, el de Vigotsky, el Aprendizaje Significativo de Ausubel, el Modelo mental de Johnson - Laird.

#### **2.1.2.3 “Enseñanza por la Acción” de Dewey**

Es el primero que se opone a la educación por la instrucción, teoriza que sólo la acción manual e intelectual promueve la experiencia y la educación no es otra cosa que la continúa "reconstrucción de la experiencia". Esto rechaza el aprendizaje mecánico y formal, pero igualmente no permite que el caos, ni el anarquismo educativo. Se debe acudir al interés productivo del niño, a su libertad, caracteriza la escuela como el sitio donde el niño aprende a vivir directamente y no el lugar donde se aprenden lecciones, donde por lo general el objeto de aprendizaje es una entidad abstracta. El método pedagógico expone que la educación debe ser flexible y de acuerdo a las diferencias de cada alumno, a sus capacidades, preferencias y experiencias pasadas. Además debe ser reflexiva partiendo de un problema, para que ante el dilema o la duda reaccione y origina un esbozo de explicación, lo cual después lo lleva a una comprobación experimental su didáctica está basada en proyectos, los cuales los deben proponer los alumnos, pero la escuela debe coordinarlos. Estos proyectos constan de cuatro elementos: 1. Deben ser aplicados a la realidad y no a la información. 2. Deben hacerse en ambientes naturales para así poder integrar modos de pensar, sentir y actuar. 3. La información debe llevar a representaciones de situaciones reales. 4. Debe estimular el ejercicio del pensamiento.

#### **2.1.1.4 Modelo de la Escuela Nueva**

Este modelo defiende la acción como la condición y garantía del aprendizaje; en este modelo la acción directa sobre los objetos es la que permite el conocimiento de los mismos, lo cual genera en la escuela una verdadera revolución que se expresa en la búsqueda de unos propósitos distintos y que coinciden en variaciones significativas en los contenidos, en la manera como éstos se secuencian, en las metodologías, en los recursos didácticos y en los criterios de

evaluación. En este modelo el conocimiento se hace efectivo en la medida en que repose el testimonio de la experiencia, por eso la escuela debe crear las condiciones para que el aprendizaje se facilite mediante la manipulación y la experimentación por parte de los estudiantes.

Este modelo presenta unos postulados que se pueden resumir así: PROPÓSITOS, la escuela no se puede limitar a la enseñanza sino que debe preparar para la vida. CONTENIDOS, si debe preparar para la vida, la naturaleza y la vida por si deben incluirse en esta enseñanza. SECUENCIACIÓN, sus contenidos se deben organizar desde lo simple y concreto hasta lo abstracto y complejo. METODOLOGÍAS, como el niño es el constructor de su propio conocimiento, las actividades que desarrolle deben estar en primer lugar, al igual que la experimentación. RECURSOS DIDÁCTICOS, estos deben ser entendidos como útiles de infancia que al poderse manipular y experimentar, contribuyen a educar los sentidos y de esta manera el aprendizaje se garantiza el aprendizaje y el desarrollo de las capacidades individuales. EVALUACIÓN, esta debe ser continua y permanente a través del hacer y el actuar.

## **2.1.3 Corrientes Constructivistas**

### **2.1.3.1 Didáctica de la Biología**

Estas corrientes son derivadas de la Teoría de Piaget, que aunque este no formuló propiamente una teoría del aprendizaje, sus investigaciones estuvieron dirigidas a resolver el carácter y la naturaleza de las estructuras con las cuales interpretamos al mundo, de esta manera logró demostrar que, nuestra relación con el mundo está mediatizada por las representaciones mentales y que estas representaciones están jerarquizadas y que varían significativamente en el proceso evolutivo del individuo. Piaget, es dentro de los constructivistas quien asume una postura pasiva frente a la escuela, pues él considera que el desarrollo es independiente de los procesos de aprendizaje. Las aplicaciones Piagetianas en

el aula de clase se basan en el enfoque constructivo que le asigna a la acción un lugar de primer orden en la formación del pensamiento, olvidando que es una construcción social en la cual los padres y los maestros cumplen un papel activo como mediadores y que no privilegian al individuo aislado o en solitario.

Dentro de ésta corriente se han desarrollado distintos avances para teorizar alrededor de la didáctica de las ciencias, tomando como base los desarrollos de las ciencias cognitivas.

### **2.1.3.2 Aprendizaje Significativo de Ausubel**

La teoría ausubeliana se alimenta de los principios de Piaget, Kuhn y Toulmin. De Piaget retoma el concepto y la génesis de la estructura cognoscitiva a través de las cuales asimila el mundo social, físico y matemático; de Kuhn retoma el concepto de paradigmas los cuales sirven para acercar los conceptos que delimitan las preguntas a ser abordadas por la ciencia y ayudan a los científicos a encontrar nuevos significados en datos ya conocidos; y de Toulmin el planteamiento de la necesidad de retomar principios de las ciencias naturales y de adecuarlos al campo educativo, tales como el principio de la evolución y el de nicho ecológico.

Para la teoría Ausubeliana el aprendizaje puede ser significativo, repetitivo, receptivo o por descubrimiento, según que lo aprendido se relacione arbitraria o sustancialmente con la estructura cognoscitiva.

Se hablará así de “*aprendizaje significativo*” cuando los nuevos conocimientos se vinculen de una manera clara y estable con los conocimientos previos de los cuales disponía el individuo, de *aprendizaje repetitivo* cuando no se logra establecer esta relación con los conceptos previos, o si se hace de una forma

mecánica y por tanto no es duradera, de *aprendizaje receptivo* cuando se presenta de manera totalmente acabado el contenido final que va a ser aprendido, y de *aprendizaje por descubrimiento* cuando no se le presenta el contenido en su versión final, sino que éste tiene que ser descubierto e integrado antes de ser asimilado.

Ausubel en el año de 1963 desarrolló por primera vez su teoría del aprendizaje cognoscitivo en su libro “The Psychology of Meaningful Verbal Learning” (La Psicología del Aprendizaje Verbal Significativo). Luego en 1968, amplió esta teoría al publicar su nueva obra llamada “Educational Psychology. A Cognitive View” (Psicología Educativa. Una visión cognitiva).

Ausubel (2000) propone y sustenta que el Aprendizaje Significativo es la incorporación de la nueva información a la estructura cognitiva del individuo. Esto crea una asimilación entre el conocimiento que el individuo posee en su estructura cognitiva con la nueva información, facilitando el aprendizaje. Y además se establece de manera no arbitraria (literal) y sustantiva a la estructura del aprendiz.

#### La Naturaleza del Aprendizaje

Comprende la adquisición de nuevos significados y estos a su vez son productos del aprendizaje significativo. Con el surgimiento de nuevos significados el alumno está reflejando que hubo un proceso que se llevó a cabo.

La esencia del proceso de Aprendizaje Significativo está en que las ideas que se expresan simbólicamente se relacionan con lo que el alumno ya sabe; además el aprendizaje significativo presupone que el alumno expresa una actitud hacia el aprendizaje significativo; es decir una estructura no arbitraria sino sustancialmente, el material nuevo con su estructura cognoscitiva.

Lo anterior resume en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Sobre Condiciones de aprendizaje según Ausubel (2000)

A. Aprendizaje Significativo o Adquisición de Significados	Requiere de	1. Material potencialmente significativo y 2. Disposición para el Aprendizaje Significativo.
B. Significatividad Potencial	Depende de	Significatividad lógica (la responsabilidad intencional y sustancial del material de aprendizaje con las correspondientes ideas pertinentes que se hallan al alcance de la capacidad del aprendizaje humano. La disponibilidad de tales ideas pertinentes con la estructura cognoscitiva del alumno en lo particular.
C. Significado Psicológico (Significado Fenomenológico Idiosincrático)	Es el producto del	Aprendizaje Significativo La Significatividad Potencial y la disposición para el aprendizaje significativo.

Moreira. (2000) complementa la teoría de Ausubel al explicar que para poder que si un material es o no un organizador previo este no se puede establecer en términos absolutos ya que depende de la naturaleza del material, la edad del alumno y el grado de familiaridad que se tenga con el objeto de estudio. Esto sirve para formular una hipótesis acerca de la dificultad de la enseñanza de las Ciencias Naturales y en particular la Biología.

## 2.2 Marco Conceptual – Disciplinar

El marco conceptual – disciplinar está dirigido hacia los conceptos relevantes que se dan dentro de la Teoría de Los Modelos Mentales de Johnson Laird, la cual es el eje sobre el cual giran las ideas del presente trabajo.

### **2.2.1 Teoría de los Modelos Mentales de Johnson Laird**

La Psicología Cognitiva surge como contraparte a la Psicología Asociativa; la psicología cognitiva centra su conocimiento en la persona. Su objeto de estudio lo constituyen los procesos psicológicos superiores como la percepción, memoria, pensamiento, lenguaje, aprendizaje.

En la Psicología Cognitiva, se da lugar a la acción humana, se sistematiza y controla a través de símbolos y señales dando sentido al concepto de representación “que adquiere carta de naturaleza y define procesos mentales”. De esta manera el individuo deja de ser pasivo para empezar a actuar de acuerdo a las estructuras de su conocimiento de manera intencionada, procesando y elaborando lo que recibe del exterior.

La Psicología Cognitiva se ocupa de microcosmos o problemas acotados, pequeños, concretos, para los que propone distintos modelos y microteorías que no satisfacen las demandas, ni las lagunas de quienes se ocupan de los procesos cognitivos desde una perspectiva más heurística.

La premisa básica de la Psicología Cognitiva es la de comparar la mente con un ordenador para explicar el procesamiento de la información. La mente es el objeto de estudio de Johnson Laird, al igual que los mecanismos que esta utiliza para interpretar el mundo y para hacerle frente, propone que los seres humanos son procesadores de información, lo que conlleva a que hay duplas de procesos de información de traducción/traslación, manejo/manipulación y retransmisión/nueva traducción de símbolos.

La forma como se produce la información y cómo se obtiene respuesta que permite una adaptación del individuo al medio es lo que interesa a esta Teoría.

La propuesta de Johnson Laird es formular una teoría que encadena o subordina otros campos del conocimiento. La teoría de los modelos mentales dice que un individuo es capaz de manejar una serie de símbolos que son los mismos y se manejan igual en otros individuos, es decir que es un procedimiento capaz de ser implementado por una máquina. Pero hay otra interpretación en la que Johnson - Laird se refiere a “procedimientos efectivos de indagación en el marco de una teoría, procedimientos que deben de ser también ejecutables por parte de una máquina, de manera que también en este sentido y en este contexto, se evite la tendencia natural a una interpretación subjetiva, tendencia a recurrir a elementos mágicos como los que según el autor se encuentran en los razonamientos piagetianos o vigotskyanos.

Johnson Laird considera que la teoría debe tener cuatro criterios:

1. La teoría debe adoptar tantas inferencias implícitas como explícitas.
2. Debe resolver la paradoja central de cómo los niños aprenden a razonar, a saber, cómo pueden adquirir reglas de inferencia antes de que sean capaces de razonar válidamente.
3. Debe ser compatible con el hecho de que los seres humanos son capaces de hacer referencias válidas.
4. También debe ser compatible con los orígenes de la lógica.

La teoría de Johnson Laird, es una teoría que explica muy adecuadamente ya que es fiel a estos criterios y porque lo es con el acompañamiento de procesos efectivos que han permitido generar este cuerpo teórico de conocimiento.

Se puede decir que la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson Laird presenta tres subteorías que la fundamentan.

- Una subteoría general que la computa la mente.
- Una subteoría del programa que utiliza para llevar a cabo los cómputos.
- Una subteoría de cómo se materializa el programa dentro del sistema nervioso.

Con estas subteorías hay suficiente base para que “el ordenador cognitivo sea un dispositivo para convertir energía en símbolos, símbolos en símbolos y símbolos en acciones”.

Los Elementos Fundamentales de la Teoría de Johnson Laird se derivan de las tres subteorías anteriormente nombradas: La tesis central gira en torno a la idea de que “los seres humanos construimos modelos mentales del mundo para poder aprehenderlo y para poder actuar y reaccionar frente a dicho mundo, para responder incluso en términos biológicos (es decir, según lo que se entiende por función vital de relación o respuesta). Eso lo hacemos por el uso de procesos mentales que son tácitos, que no necesariamente tienen que ser explícitos, ya que el hecho de que no lo sean no nos impide actuar y reaccionar frente a dicho mundo, no nos deja desprovisto de la capacidad de interpretación inherente al funcionamiento de la mente”.

De acuerdo a lo anterior, el primer elemento que debemos atender es la propia mente que según la teoría es computacional ya que puede funcionar con un conjunto de símbolos que le permiten procesar la información.

El que sea computacional se debe al funcionalismo, ya que los procesos mentales se caracterizan por su organización funcional.

Lo anterior desemboca en un segundo elemento destacable en la teoría que son los procedimientos efectivos, es decir que pueden ser implementados por una máquina. Si establecemos que una mente computacional que obra de tal manera que puede reducir sus símbolos a un lenguaje binario, se puede entender que esta manera de obrar para enfrentar el mundo es un procedimiento efectivo. La

Potencialidad que Johnson Laird le ve a este planteamiento es que se aumenta su validez, fiabilidad y la consistencia de las explicaciones que se hagan sobre la estructura y el funcionamiento de la mente, así como de la propia mente.

Como tercer elemento en esta Teoría se encuentra la revisión recursiva que no es más que un procedimiento efectivo. El pensamiento deductivo trabaja sacando conclusiones de premisas. Una manera de saber lo anterior es ejemplificando la especificación de la forma en la que procede el tratamiento axiomático, forma que se articula en función de la lógica formal:

1. Un vocabulario de símbolos.
2. Un grupo de reglas sintácticas que recursivamente define expresiones bien formadas.
3. Un grupo de expresiones bien formadas que se dan como axiomas
4. Un grupo de reglas de inferencia que habilitan las expresiones bien formadas para ser derivadas de otras.

Las reglas anteriores y axiomas determinan una doble vertiente.

- Una semántica que se refiere al significado, al contenido, no considerado en el ámbito de la lógica. Es lo que, desde otros contextos, determina la validez de los axiomas.
- Sintáctica que se refiere a la forma; a cómo se produce y procesa, a cómo se genera, pudiendo, según los lógicos, actuar independientemente del contenido, extremo este que Johnson Laird no comparte para su teoría de la mente. Esta vertiente determina la derivabilidad.

La gran limitación que este modelo lógico sustenta es la desvalorización total del contenido, su importancia para la comprensión y el entendimiento y, por lo tanto, articular una teoría sobre procesos mentales. Las reglas de contenido específico

no resuelven este problema por ser precisamente reglas, Johnson Laird piensa que para el entendimiento humano es fundamental la comprensión del contenido y, consecuentemente con ello, que podamos captar e interpretar el funcionamiento de la mente de la mente tendremos que incorporar y dar valor al contenido, a la semántica. (Rodríguez Palmero, 2008).

La lógica mental da un sinnúmero de posibles deducciones que responden adecuadamente a las leyes de esa lógica pero no todas se usan. Es claro que sólo se usan o seleccionan una o varias que respondan a las necesidades del individuo, en función de las restricciones propias del sistema. La selección de deducciones que dan respuestas a un problema concreto es el contenido, es decir de la atribución de significado y no sólo del uso de reglas porque eso no nos permite razonar. Las reglas, por si, no son válidas. El llegar a la realidad de las conclusiones por los sujetos se hace por procesos inferenciales que guardan una estrecha relación con sus creencias, son verdaderas o falsas en función de las mismas y esto, como es fácilmente deducible, tiene una correlación directa con el conocimiento de que disponen. Las reglas formales de inferencia, por propia definición, están al margen de todas estas creencias (Johnson Laird, 1993) y justificarían, por tanto, conclusiones que fueron formalmente lógicas pero totalmente independientes del contenido, falsas, erróneas, lo que se ve corroborado por los datos empíricos.

El razonamiento no es sólo un proceso sintáctico, sino que se apoya en los significados que se atribuyen a las premisas y es esto lo que lo dota de comprensión, derivándose de ello conclusiones válidas “personalmente” válidas, idiosincráticamente válidas y no sólo conclusiones lógicas simplemente válidas (Rodríguez Palmero, 2008).

Sentido y referencia es lo que nos va a permitir atribuir significados. De tal manera, que al dar significados podemos razonar de manera heurística y hacer la

selección “correcta”, en función de un procedimiento efectivo, la revisión recursiva, la cual es, decisiva en el ámbito de la Teoría de los Modelos Mentales.

La revisión recursiva es importante porque es el mecanismo según la mente humana contrasta sus modos de enfrentarse a la realidad que vive y, en función de ello, permite la elección de aquella representación o modo de hacerle frente. La revisión tiene que ser versátil, funcional y rápida y, por eso, se explica mejor basándose en los modelos o transformaciones computables.

El objetivo de la revisión recursiva son los modelos mentales que son el último punto clave de la teoría.

Para Johnson Laird son importantes los modelos mentales pues son análogos estructurales de la realidad que constituyen nuestro mundo. No nos representamos el mundo, tal como es sino que logramos en nuestras mentes algo parecido o similar a ese mundo que observamos. La necesidad de crear una teoría es el eje central, al igual que los criterios, dentro de la Teoría de los Modelos Mentales; como segundo eje podemos considerar:

- Mente computacional
- Procedimientos efectivos
- Revisión recursiva
- Modelos mentales

## MODELOS MENTALES

Se van a representar los rasgos más importantes de este concepto.

a) Caracterización.

Los modelos mentales son análogos estructurales del mundo y lo son porque, según Johnson Laird (1983), los seres humanos no lo aprehenden directamente,

sino por una representación interna del mismo debido a que al percibir estamos construyendo su modelo del mundo.

Los modelos mentales son representaciones internas que hacen las veces de puente entre la mente y el mundo con el cual se interactúa. Y estos puentes se dan porque es imposible aprehenderlo todo y de manera directa. De esta manera surge la idea de representación como forma de captar aquellos elementos que nos resulten relevantes.

La representación mental es importante porque supone el modo de vivenciar la realidad, que es dependiente de las estructuras cognitivas del individuo, así por ejemplo la representación mental de un bosque es diferente para un niño que vive en los Estados Unidos o Canadá, a uno que vive en Perú o Brasil y aún entre estos hay diferencias con respecto a sus representaciones mentales.

Lo que la mente construye son modelos mentales que se caracterizan por su funcionamiento. Son modelos del mundo que se han percibido o concebidos que resultan rápidos eficaces, versátiles, funcionales, en una palabra. Deben de ser de esa forma porque nuestras respuestas ante el mundo tienen que ser de esa manera incluso en términos biológicos, por supervivencia. La selección natural nos ha provisto de un modelo con el cual operar en el mundo sin que seamos conscientes de ello. Lo que interesa es el resultado, como lo utilizamos, sin necesidad de fijarnos a como lo hemos construido.

Los modelos mentales, los explica Johnson Laird (1983) como entidades o estructuras psicológicas que nos permiten entender aquellos contextos o situaciones en las que los individuos interactúan permanentemente con el ambiente y la tarea en el que están y en el que se realizan y permiten que el sujeto tome decisiones rápidas que pueden dar cuenta de los cambios que le surgen o vive de manera imprevista.

Johnson Laird (1983) establece que las proposiciones son verdades o falsedades de estados de cosas del mundo. Son representaciones proposicionales que se expresan verbalmente y por tanto están sujetas a una estructura sintáctica concreta. Son cadenas de símbolos que se corresponden con una representación externa concreta. Se consideran que representan al mundo a través de proposiciones, modelos mentales e imágenes; las proposiciones - no analógicas - y modelos mentales - que incorporan imágenes - como representaciones analógicas. Las imágenes son importantes en la construcción del modelo mental.

La representación proposicional es verbalmente expresable, estará sujeta a una estructura sintáctica concreta que pueden ser verdades o falsedades en los estados de las cosas porque no son analógicos, no tienen carácter arbitrario, por el contrario el modelo mental no tiene una estructura sintáctica elegida arbitrariamente, pero juega un papel representacional directo ya que es análogo de la estructura del correspondiente estado de cosas en el mundo - Tal como es percibido o concebido - (Johnson Laird).

Debido a que las representaciones proposicionales están sujetas a reglas más rígidas, las cuales han sido determinadas arbitrariamente, es, por supuesto, más fácil manejar modelos mentales.

Con respecto a las imágenes, estas están ubicadas al mismo nivel de los modelos mentales, por eso es también analógico y por lo tanto altamente específico a diferencia de las proposiciones.

Los modelos mentales son representaciones mentales como las proposiciones e imágenes que tradicionalmente considera la Psicología Cognitiva y presenta los siguientes principios representacionales (Johnson Laird, 1994).

- Cada entidad se representa por un elemento (token) individual en el modelo, sus proposiciones por propiedades de los tokens y las relaciones de las entidades por relaciones entre los tokens.

- Las posibilidades alternativas pueden representarse por modelos alternativos.
- La negación puede representarse por anotaciones proposicionales; así, la deducción puede hacerse sin necesidad de reglas formales de inferencia como las propuestas en los sistemas de deducción natural.
- La información puede representarse implícitamente en orden a reducir la carga de la memoria de trabajo.
- El estatus epistémico de un modelo puede representarse por una anotación proposicional.

#### b) Niveles

Según Rodríguez Palmero (2008) el nivel más alto es el de las representaciones como elementos funcionales. Pero para llegar a este nivel se depende de niveles inferiores que son los que se codifican y que permiten que las proposiciones, modelos mentales e imágenes sean un producto de ellas mismas. Esto se deduce de lo planteado por Johnson Laird (1983) quien expresó que el modelo mental se construye con base en la verdad que tengan las proposiciones dichas en un discurso. Y esta verdad debe tener consistencia con el principio de lo que la compone (composicionalidad) siendo una función del significado de sus palabras y de las relaciones de sintaxis que hay entre ellas.

Rodríguez Palmero (2008) expresa que para entender el discurso construimos un modelo mental, del cual vamos formando proposiciones en función de las frases que oímos, leemos, las cuales sí son verdaderas adquieren valor de verdad para nosotros y se van enlazando, incorporando y relacionando hasta formar un modelo mental que nos permite interpretar el discurso. Si no hay relación, el discurso será nulo pues sólo se entenderían frases sueltas. El significado de las proposiciones que se construyen es a partir del significado de las palabras y de las relaciones que se forman entre ellas y en las cuales convergen dos vertientes:

una semántica y una sintáctica, sin las cuales no se pueden construir modelos mentales.

Hay otro problema con las palabras pues estos son símbolos que sirven para etiquetar regularidades a las que se les llama conceptos y estos tienen una serie de atributos que los caracterizan y sobre los cuales, por lo general, hay un consenso y por eso son compartibles. Lo anterior también es aplicable a las imágenes ya que ellas poseen un componente semántico e igual se etiquetan con palabras que conllevan conceptos.

Para observar como es la estructura operativa de la mente, se debe bajar otro nivel. Para Johnson Laird (1988) la mente funciona con primitivos conceptuales y sobre estos se construyen palabras que semánticamente son más complejas y estos primitivos conceptuales se van organizando en la mente en torno a los campos semánticos como conjuntos de palabras con un núcleo común en su significado y sobre estos actúan operadores semánticos que pueden ser espacio, tiempo, causación, intención, etc.

Estos operadores son importantes porque dan significado a las proporciones que hacemos y a las imágenes que imaginamos cuando se establecen relaciones entre diferentes campos semánticos. Lo anterior justifica el aprendizaje, ya que el conocimiento se construye a partir de una base y los modelos a partir de un sustrato conceptual que evoluciona semántica y sintácticamente con el apoyo de los primitivos conceptuales, campos semánticos y operadores semánticos.

Lo expuesto con anterioridad no sólo permite una justificación cognitiva del aprendizaje sino algo que es fundamental en la Teoría de los Modelos Mentales; el innatismo: que, aunque es relativo, defiende la capacidad humana del aprendizaje. Los primitivos conceptuales innatos manejan como operadores semánticos y definen conceptos semánticos delimitados.

Estos procedimientos se articulan con los procesadores. Las otras preguntas que surgen a partir de los postulados anteriores ¿Cómo se organizan para dar respuestas a las demandas? ¿Cómo se hace el programa para que pueda atender lo que son las necesidades de representación de análogos en el mundo? ¿Cómo se articulan funcionalmente estos procesadores para que resuelvan lo que la teoría pide de ellos?

Las anteriores preguntas se responden con la Informática. Tendrá que haber procesadores en paralelo ya que permite dar múltiples respuestas y que estas sean independientes. Lo expuesto antes no explica el funcionamiento de procesos que necesitan los pasos anteriores y que supone dependencia entre unos y otros, de lo cual se deduce que debe haber, además un ordenador central que va a coordinar todas las acciones. Así se tiene una organización funcional, mixta y centralizada, que además de estar distribuida en paralelo es capaz de procesar información desde el nivel más bajo dando origen a primitivos conceptuales que son la base de los modelos mentales e imágenes con las cuales representamos el mundo.

Una importante pregunta es ¿Cuál es la estructura física en la que está basado este nivel computacional más bajo? Y Johnson Laird (1988) la contesta indicando que está en el cerebro y en el sistema nervioso que cumple con todas las demandas, debido a su organización jerárquica que determina un nivel central, el cerebro, que funciona con múltiples sinapsis neuronales, las cuales serían los procesadores y los elementos computacionales representadas en las reacciones químicas que estas siguen.

De acuerdo a lo anterior el sustrato biológico sobre el cual se apoya la estructura cognitiva de la Teoría de los Modelos Mentales se sintetiza así:

- La mente emplea diferentes niveles de organización
- El proceso mental de cada nivel lleva el contenido en su explicación

- El procedimiento seguido por cada uno de esos niveles no es autónomo sino que es interactivo.

### c) Analogías

Los modelos mentales son análogos estructurales del mundo e igualmente son análogos del ordenador y el funcionamiento de la mente, y el sistema nervioso y una máquina. De tal manera que las analogías juegan un papel importante en el procesamiento de la información y por ello conviene aclarar cuál es el significado que se le asigna. Se debe tender un puente entre el mundo nuevo y lo conocido, y por eso recurrimos a las representaciones analógicas las cuales nos sirven para explicar y predecir y facilitan la aprehensión de significados. Todo lo anterior no es tarea fácil pues se debe correlacionar, interpretar, recuperar contenidos que posibiliten todo aquello y por eso también las analogías, su generación y su comportamiento deben ser explicados en términos psicológicos. Esto lo explica Johnson Laird (1983) de la siguiente manera: "Una teoría psicológica de las analogías debe, por tanto, considerar tres fenómenos principales: a) el descubrimiento o recuperación de analogías de varias clases desde lo profundo hasta lo superficial; b) el éxito o fracaso de las analogías en los procesos de pensamiento y aprendizaje; y c) la interpretación de las analogías que se han usado en las explicaciones".

### d) Principios

Después de entender cómo se construyen los modelos mentales como análogos estructurales del mundo y de saber sobre qué base se sustenta, se está en condición de entender qué principios le asigna Johnson Laird a los mismos.

1. Principio de la computabilidad: los modelos mentales y la maquinaria para construirlos e interpretarlos son computables.
2. Principio de lo finito: un modelo mental debe ser finito en tamaño y no puede representar directamente un dominio infinito.

3. Principio del constructivismo: un modelo mental es construido por elementos (tokens) dispuestos en una estructura particular para representar un estado de cosas.
4. Principio de economía en los modelos: una descripción de un estado simple de cosas se representa por un modelo mental simple, incluso si la descripción es incompleta o indeterminada.
5. Los modelos mentales pueden representar directamente indeterminaciones si y sólo si su uso no es computacionalmente intratable, i.e., no hay un crecimiento exponencial en complejidad.
6. Principio de predicabilidad: un predicado puede aplicarse a todos los términos a los que otro se aplica, pero no puede tener intersección en el alcance de la aplicación.
7. Principio del innatismo: todos los primitivos conceptuales son innatos.
8. Hay un conjunto finito de primitivos conceptuales que aumentan el correspondiente conjunto de campos semánticos, y hay un posterior conjunto finito de conceptos, u «operadores semánticos», que se encuentran en cualquier campo semántico sirviendo para construir conceptos más complejos más allá de los primitivos subyacentes.
9. Principio de la identidad estructural: las estructuras de los modelos mentales son idénticas a las estructuras de los estados de cosas tanto percibidas como concebidas, que los modelos representan.
- 10.. Principio de la formación de conjuntos: si un conjunto ha sido formado de conjuntos, entonces los miembros de esos conjuntos deben especificarse primero.

Estos principios permiten entender el constructo del “modelo mental” y se sustentan en la base teórica que constituye el fondo de la teoría.

#### e) Tipificación

La perspectiva que presenta esta teoría es que no es más que una tentativa diferenciando modelos físicos, que representan el mundo físico y modelos conceptuales que representan entidades más abstractas. Dentro de los modelos físicos se distinguen:

- Modelo relacional simple: es un modelo en el que se representan tres conjuntos finitos: un primer conjunto de elementos de entidades físicas que también son finitas; un segundo conjunto de propiedades físicas de esas entidades, también finitas; y un tercer conjunto de relaciones entre los elementos que guardan relación con las interacciones físicas entre aquellas entidades. Representamos, en este modelo, tres conjuntos finitos que se corresponden con otros tres conjuntos, también finitos, de entidades que son reales, que están en el mundo.
- Modelo espacial: se establecen relaciones espaciales entre los elementos que constituyen los conjuntos del modelo anterior; por lo tanto, es un modelo más avanzado ya que el anterior sólo representa los conjuntos.
- Modelo temporal: no sólo se establecen relaciones espaciales entre elementos de aquellos tres conjuntos, sino que hay una interacción temporal entre ellos, en la medida en que no es solamente una representación estática, sino que tiene un antes y un después en función del tiempo.
- Modelo cinemático: es un modelo temporal psicológicamente continuo ya que representa cambios que dan cuenta de los cambios observados en el mundo, cambios que no se producen a saltos, bruscamente.
- Modelo dinámico: representa relaciones causales en el modelo anterior; un modelo como éste permite diferenciar causa/efecto a través de una combinación de más alto nivel –más estructurada jerárquicamente– de los elementos de los conjuntos definidos en el modelo relacional.

- Imagen: su fuente es la imaginación visual. Representa elementos de aquellos conjuntos relacionados de una manera concreta, espacial, que responde a un punto de vista particular.

Se puede ver que hay un carácter evolutivo muy marcado en la clasificación de los modelos físicos. Los anteriores modelos operan en tres conjuntos (entidades, propiedades de esas entidades y relaciones entre las mismas), el establecer diferentes relaciones le dan al individuo un mayor poder explicativo y predictivo de su mundo, en la medida en que los análogos lo permiten representar más o menos consistentes en el mundo. Esta tendencia debería tener un correlato en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Ahora se verá cómo diferenciar los modelos conceptuales que representan entidades abstractas de ese mundo.

- Modelo monádico: representa, también, tres conjuntos finitos: un primer conjunto de elementos que representan entidades individuales y propiedades; un segundo conjunto de dos relaciones binarias (identidad y no identidad) capaces de operar sobre cualquier par de elementos de conjuntos diferentes; y un tercer conjunto de elementos notacionales para representar la certeza de la relación establecida.
- Modelo relacional: introduce un número finito de relaciones, que pueden ser abstractas, en el modelo anterior, por lo que, a diferencia de aquél, permite representar más predicados y más complejos.
- Modelo metalingüístico: contiene elementos que se corresponden con expresiones lingüísticas y relaciones abstractas entre ellas y elementos en un modelo mental de algún tipo. Las expresiones lingüísticas permiten operar sobre elementos que son, incluso, de otros modelos.

- Modelo conjunto teórico: se representan elementos, también de un conjunto finito, que directamente representan conjuntos. Pueden también representar elementos provenientes de conjuntos finitos de propiedades abstractas.

Conviene aclarar que «modelos conceptuales» como constructo tiene otras significaciones desde enfoques teóricos distintos; muchas referencias a este constructo lo caracterizan como los modelos construidos por la ciencia y no como entidades mentales, como hace Johnson-Laird.

En estos modelos también se observa una evolución tendiente a la representación de un mayor grado de abstracción.

Se construyen modelos mentales que son analógicos pero no lo representan todo y parece derivarse de la categorización presentada fundamentalmente en los modelos conceptuales que se relacionan hasta los propios modelos.

Como los modelos mentales son análogos estructurales del mundo tal como se percibe o concibe al percibirse se puede entender que se tiene un núcleo central como modelo que va permitiendo construir modelos sucesivos cada vez más amplios. Como hecho relevante se tiene que hay modelos sucesivos cada vez más amplios. Como hecho relevante se tiene que hay modelos dentro de los modelos que permiten representar una información que se concibió a partir de un discurso y se quiere continuar con ese modelo del mundo que progresivamente va generando nueva información que se entrelaza, relaciona, insubordinando las sentencias a un modelo global que permite en este modo y función interpretarlo.

Con respecto a esto y como resultado importante y potente se tiene la capacidad de construir modelos insubordinados, incrustados dentro de otros modelos, se activan unos modelos que están dentro de otros modelos y esto se puede hacer porque los modelos mentales son funcionales y se construyen en “función de” de tal manera que pueden que activaran todo aquello que posibilite el dar respuestas deseadas por el sujeto que las construye, pero que sirven a aquello por lo cual se

construye. El procedimiento que permite esta situación es la revisión recursiva que es un mecanismo efectivo para realizar la selección, esa “introspección” que permite activar los modelos necesarios y suficientes para que el individuo interprete el mundo al cual se enfrenta la revisión recursiva es la que permite establecer diferencias entre los modelos físicos y los modelos conceptuales. Y es la que da mayor poder o mayor potencialidad a los modelos mentales como un procedimiento muy eficaz para representar análogos estructurales del mundo que de hecho es lo que son los modelos mentales.

#### f) Revisión recursiva y razonamiento/deducción

Con los modelos mentales y la revisión recursiva se pueden explicar los procesos de razonamiento y de deducción e inferencia que la mente lleva a cabo, y por consiguiente la adquisición de conocimiento.

Como una teoría psicológica del razonamiento y la deducción, se pretende que sea la Teoría de los Modelos Mentales ya que ni las reglas de contenido específico ni las reglas formales de inferencia, pues no explican completamente los mecanismos psicológicos subyacentes. Las reglas formales de inferencia desvalorizan el contenido obviando, por ejemplo, el conocimiento general y las creencias, así como su papel fundamental en esos procesos de razonamiento. Las reglas de contenido específico por sí solas tampoco satisfacen la capacidad humana de desarrollar deducciones válidas que suponen alguna competencia lógica. Johnson Laird considera el razonamiento como una habilidad que se adquiere y con la que se puede operar, es decir, que se puede ejecutar de varias maneras más o menos exitosas para el individuo.

Los modelos mentales como representaciones constituyen una tercera vía. Se dispone de un constructo que nos permite explicar desde la psicología los procesos de razonamiento inherentes a la mente humana; su capacidad de

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

establecer deducciones e inferencias por medio de la construcción de modelos mentales.

## **3. Diseño metodológico**

### **3.1 Método**

Para el estudio se construyó la siguiente unidad didáctica la cual contempla el ciclo didáctico, de acuerdo a los planteamientos de Jorba y Sanmartí (1996), para posteriormente realizar el análisis en términos de las relaciones que se pueden configurar con la teoría de modelos mentales para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto.

#### **3.1.1 UNIDAD DIDÁCTICA**

Eje Generador: Aprendamos sobre la Célula.

Pregunta Problematizadora o Situación Problema

No se incluye la pregunta problematizadora ya que esta debe ser propuesta por el docente de acuerdo al contexto en el cual se halla o de acuerdo a la situación en la que se encuentre con respecto al nivel cognitivo de los alumnos, pues de esa manera la pregunta puede ser sencilla o más elaborada. Sin embargo en la parte correspondiente a la fase de exploración o de explicitación inicial se encuentra ejemplos de los tipos de preguntas que los y las docentes pueden tomar para iniciar el ciclo.

Objeto del Conocimiento: La Célula, su estructura y función

Estándares

Conceptuales: Identifica la célula como la unidad fundamental de los seres vivos y reconoce sus partes y funciones.

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

Procedimentales: Toma ejemplo de la vida cotidiana y su contexto y realiza experimentos bajo una guía para acceder al conocimiento científico.

Actitudinales: Expone lo aprendido y comparte con sus compañeros. Respeta la diferencia de conceptos surgidos durante la experimentación y expresan los demás.

### Ámbitos Conceptuales

#### Método para trabajar en Ciencias

La Célula como unidad estructural, funcional y genética de los seres vivos.

Diferencia entre célula animal y célula vegetal.

Organismos unicelulares y pluricelulares.

Niveles de organización de los seres vivos.

El microscopio.

Desarrollo de talleres, mapas conceptuales.

Sustentación para evaluar procesos de aprendizaje

#### Estrategias Metodológicas

El proceso se inicia identificando los saberes previos del grupo. Por medio de debates sobre la célula. Después de esto se hará una aproximación desde el punto de vista conceptual, para luego si proceder a la realización de las prácticas de laboratorio con microscopía. Estas prácticas se harán por pareja de tal manera que en el interior del grupo se pueda presentar debate y además servirá para preparar los informes y las discusiones que se realizarán después de cada práctica de laboratorio y donde se realizará la evaluación sobre lo observado en la

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

práctica. Después de esto se procederá a una retroalimentación que servirá de base para la siguiente práctica de laboratorio.

#### Medios de enseñanza

Videos, laboratorio, micropreparados de tejidos animales y vegetales, Microscopios. Aguas de charco, láminas y laminillas, palillos para frotis bucal, lancetas para la punción, corta cutícula, tablero, video - beam.

#### Formas

Tiempo previsto: 10 semanas con intensidad de cuatro (4) clases por semana de 50 minutos cada clase.

Organización de los estudiantes: dos (2) estudiantes por microscopio y para el informe final y exposición de lo realizado en el laboratorio.

#### Espacios

Aulas de clases y laboratorio

#### Evaluación

##### Competencias Básicas

Conceptuales: Identificación de las características de la célula. Diferenciación entre célula vegetal y célula animal. Recolección de información.

Procedimentales: Trabajo en el laboratorio. Capacidad de análisis de lo observado. Elaboración de trabajo final de cada práctica de laboratorio.

Actitudinales: Aplica los conocimientos en la solución de problemas, estableciendo relaciones entre conceptos y eventos de la vida cotidiana.

Indicadores de Desempeño

- Realiza pequeñas investigaciones en acuerdo con algunas pautas y siguiendo un método científico.
- Reconoce la célula y conceptúa sobre ella.
- Diferencia las características de la célula animal y la célula vegetal.
- Reconoce seres vivos unicelulares.

### **3.1.2 Fundamentación legal para la Unidad didáctica**

Dentro de la ley 115 de 1994 de la Educación en Colombia en el artículo 5º parágrafo 5 que dice: "adquisición y generación de conocimientos científicos y técnicos más avanzados, humanísticos, históricos, sociales, geográficos y estéticos, mediante la apropiación de hábitos intelectuales adecuados para el desarrollo del saber" en el mismo artículo el parágrafo 7 el cual expresa: "El acceso al conocimiento, la ciencia, la técnica y demás bienes valores de la cultura, el fomento de la investigación y el estímulo a la creación artística en sus diferentes manifestaciones". Igualmente en el parágrafo 9 pone de manifiesto lo siguiente: el desarrollo de la capacidad crítica, reflexiva y analítica, que fortalece el avance científico y tecnológico nacional, orientado con prioridad al mejoramiento cultural y de la calidad de vida de la población, a la participación en la búsqueda de alternativas a la solución de problemas y al progreso social y económico del país. De igual manera en el Capítulo 2, sobre currículo y plan de estudios en el artículo 78 que delega al Ministerio de Educación Nacional el diseño de los lineamientos curriculares, entran los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales los cuales están proyectados por ciclos y que junto con los anteriores artículos dan la estructura a los ciclos escolares;

dentro del segundo ciclo que comprende los grados cuarto y quinto en el manejo del conocimiento propio de las ciencias naturales en el entorno vivo uno de los ítems se presenta de la siguiente manera: “Explico la importancia de la célula como unidad básica de los seres vivos”. Dentro de esta parte de los lineamientos curriculares es que se enmarca esta investigación.

Como se plantea cuál es el conocimiento o nivel de cognición presenta el alumno respecto al tema de la Célula, las condiciones que se tenían que presentar eran en su ambiente natural en el cual desarrollan sus procesos de aprendizaje y en este caso corresponde a las aulas ya que se trata de observar cómo ellos representaban mentalmente la información que adquirieron en los años anteriores y de alguna manera, lo que por conocimiento “natural”, es decir el conocimiento que se transmitió en sus casas pues este también crea conceptos o “concepciones” que son llevadas al aula y complementadas o confrontadas con el conocimiento que se transmite en el aula.

### **3.1.3 El Ciclo didáctico**

La siguiente metodología está basada en el trabajo de Gallego M et al (2014) sobre Unidades Didácticas basado en los Ciclos Didácticos de Jorba y Sanmartí de los cuales se desprenden las fases que se enuncian a continuación:

**Fase de exploración o de explicitación inicial:** Sitúa al estudiante en la temática objeto de estudio y busca captar su atención; a la vez que permite diagnosticar y activar conocimientos previos. En esta fase se desarrollan actividades que contribuyen a que los estudiantes formulen preguntas iniciales e hipótesis desde situaciones, vivencias e intereses cercanos.

Esta es la primera etapa del proceso el cual debe iniciarse con un diagnóstico previo, por medio del cual situaremos a cada alumno en los diferentes niveles de conocimiento con respecto a la teoría celular.

Para esta parte diagnóstica se debe tener en cuenta si la actividad primaria con el alumno apunta hacia unas preguntas abierta o con distractores o si por el contrario se pueden iniciar con una situación problema sacada del contexto y que obligue al estudiante a plantear una solución a esa situación; de esta manera se puede establecer en qué nivel cognitivo con respecto al Concepto célula se halla el alumno.

Estas preguntas desencadenadoras o situaciones problemas pueden ser del siguiente tipo:

¿Por qué cuando se le pone sal al mango este escurre agua?

¿Después de una caída donde hubo un raspón, la piel se cura sin que quede rastro de lo que sucedió?

¿Por qué a partir de un grano de frijol se puede tener una planta?

¿Cuál es la razón por la cual nos crecen las uñas y el pelo?

¿Por qué al quemarnos se nos enrojece la piel?

¿Cuando un zapato nos talla, por qué nos produce ampollas?

¿Qué sucede en el hueso cuando nos lo quebramos, cómo se repara?

Estas situaciones problemas han de llevar a que los alumnos saquen de su estructura cognitiva los conocimientos científicos o socio culturales que presentan y permiten que el nuevo conocimiento que van a adquirir sea “amarrado” a estos. Es lo que Ausubel llama “subsunoadores”.

Con estas preguntas problematizadoras o situaciones problemas se inicia la unidad didáctica la cual corresponderá a la segunda semana de clase, durante las cuatro horas de clase que se tienen a la semana.

**Fase de la introducción de los nuevos conocimientos:** orientada a observar comparar o relacionar cada parte de lo que captó el estudiante inicialmente, de manera que estos se vean abocados a interactuar con el material de estudio con sus pares y con el docente, buscando elaborar conceptos más significativos.

Se procederá a las siguientes actividades las cuales hacen parte de la unidad didáctica:

1. Video o historia narrada sobre la Teoría Celular, cuyo objetivo es que los alumnos tengan presente de dónde viene el término célula y cómo ese concepto a través de la historia de la ciencia ha evolucionado. Se realizará durante la cuarta semana de clase durante las cuatro horas semanales que corresponden a las ciencias naturales.
2. La programación de un laboratorio de práctica de microscopía con micropreparados de algunos tejidos animales y vegetales para que con su observación directa puedan establecer las similitudes y diferencias entre una célula animal y una célula vegetal.
3. La programación de un laboratorio de práctica de microscopía donde el alumno observe algunas de las células de su cuerpo como los epitelios bucales por medio del frotis, o de la sangre por medio de un pinchazo con una lanceta, o el raspado de la cutícula de las uñas, que permitan instruir sobre la composición del cuerpo humano.
4. La programación de un laboratorio con práctica de microscopía con agua de tierra de infusorios o aguas de charcos con el objetivo de que el alumno

realice la observación de formas de vida unicelulares y con formas diferentes a las células vegetales y animales.

5. Actividades con video clases donde se expongan los diferentes organelos de las células vegetales y animales y su función dentro de la célula.

Se pueden realizar experimentos sencillos como la fermentación para explicar la función de los mitocondrias en el caso de la respiración aerobia y anaerobia.

**Fase de estructuración y síntesis de los nuevos conocimientos:** pretende ayudar al estudiante a construir el conocimiento como consecuencia de la interacción con el maestro, los compañeros y el ajuste personal. En esta fase se realiza la intervención del docente en la cual recogerá lo aprendido. Se realizará una actividad expositiva cuyo objetivo es que los alumnos socialicen lo aprendido por medio de las anteriores actividades, lo cual conllevará a que se haga un repaso y se complementen los conocimientos que hay entre los pares y por los pares.

**Fase de aplicación:** Permite al estudiante aplicar los conocimientos adquiridos en otras situaciones similares. Al final se puede presentar como actividad la encuesta primaria que se realizó en la fase 1 con el fin de comparar si este ciclo didáctico cambio en algo la estructura o el modelo mental que el alumno tenía sobre el concepto Célula.

### 3.2 Delimitación y Alcance

El presente trabajo tiene como insumo final una Unidad Didáctica construida con base en los Ciclos Didácticos de Jorba y Sanmartí cuyo fin es establecer que son los modelos mentales y como sirven estos para transformar en conocimiento científico, las ideas formadas anteriormente por el alumno o la alumna en su recorrido por lo cotidiano, en su contexto y en lo académico.

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

Tabla 3 – 1 Planificación de actividades

FASE	OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Fase 1: Caracterización	Caracterizar las relaciones entre la teoría de los modelos mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para el enseñanza del concepto de célula para el grado quinto de básica primaria	1.1 Revisión bibliográfica sobre los textos escolares y universitarios para observar cómo se presenta el concepto de célula. 1.2 Revisión bibliográfica sobre las teorías pedagógicas 1.3 Revisión bibliográfica sobre los lineamientos curriculares en Ciencias Naturales.
Fase 2: Diseño	Describir la teoría de modelos mentales de Johnson Laird evidenciando sus aplicaciones al momento de enseñar el concepto de célula.  Diseñar una unidad didáctica con prácticas de laboratorio que permita a los estudiantes de quinto de básica primaria, modificar sus representaciones mentales sobre el concepto de célula.	2.1 Diseño y construcción de actividades para evaluar los preconceptos. 2.2 Diseño de la Unidad Didáctica
Fase 3: Evaluación	Evaluar las implicaciones de la teoría de los modelos mentales en la enseñanza del concepto de célula a través de los ciclos didácticos,	3.1 Construcción de los aspectos que forman parte de la Unidad Didáctica. 3.2 Aplicación de los ciclos didácticos en la unidad didáctica. 3.3 Construcción de los contrastes y las tensiones entre los modelos mentales y los ciclos didácticos
Fase 4: Conclusiones y Recomendaciones	Determinar el alcance acorde con los objetivos específicos que se plantearon al inicio del trabajo final	4.1 Construcción de las conclusiones y las recomendaciones las cuales están de acuerdo con lo planteado en los objetivos.

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

Tabla 3 – 2 Cronograma de actividades

Actividades	Semanas												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Actividad 1.1	X	X	X	X	X	X							
Actividad 1.2			X	X	X	X							
Actividad 1.3					X	X							
Actividad 2.1					X	X	X	X	X				
Actividad 2.2					X	X	X	X	X				
Actividad 3.1					X	X	X	X	X				
Actividad 3.2					X	X	X	X	X	X			
Actividad 3.3					X	X	X	X	X	X	X		
Actividad 4.1									X	X	X	X	X

## 4. Trabajo Final

En esta parte del se presenta el trabajo final sobre la Unidad Didáctica para observar las interacciones entre los Ciclos Didácticos de Jorba y Sanmartí y los Modelos Mentales de Johnson Laird.

### 4.1 Resultados y Análisis

A continuación se da análisis a lo que se espera sea la relación entre los ciclos didácticos propuestos por Jorba y Sanmartí y los modelos mentales de Johnson - Laird.

La primera fase de los ciclos didácticos de Jorba y Sanmartí en la cual sitúan a los estudiantes dentro de la temática la que se va a trabajar y no contemplado en los Modelos Mentales de Johnson Laird, pero sí expuesto por otras teorías, entre las cuales destacamos la del Aprendizaje Significativo de Ausubel que para esta parte del ciclo didáctico se resume en que el alumno tiene en su estructura cognitiva acerca del mundo que lo rodea por eso se debe saber del alumno cuál es su conocimiento. Ausubel los llama subsunsores y corresponden a “anclas” o “eslabones de cadena” a los cuales se pueden encadenar los nuevos aprendizajes siempre y cuando estos sean significativos.

También es importante debido a que hay algunos elementos socio - culturales que riñen a nivel cognoscitivo con lo enseñado en la escuela, como por ejemplo, que el aire no pesa o que el delfín es un pez o que un objeto pesado no puede flotar en el agua. En esta actividad se podrá saber si las representaciones que presentan los alumnos son interna, personales, idiosincráticas, incompletas, inestables y pueden ser de estructura o función.

Por eso el realizar una actividad cualquiera, el hacer un diagnóstico previo es importante porque a partir de ella se puede estructurar la unidad didáctica con mayor precisión y amplitud y sirve además para ayudar a estructurar los objetivos que va a tener la unidad didáctica y cómo se van a llevar a cabo los pasos siguientes del ciclo didáctico.

En concordancia con lo expuesto por Johnson Laird en su teoría de los modelos mentales no se presenta una actividad introductoria o que de alguna manera nos sitúe el nivel cognitivo en el cual se encuentran los alumnos antes de la intervención. Esto obliga a que los ciclos didácticos de Jorba y Sanmartí sean iniciados con actividades motivadoras o indagadoras que no se encuentren ligadas.

Los modelos mentales son análogos estructurales del mundo, se proyectan como representaciones internas que le permiten al sujeto comprenderlo. Es decir al aplicar el modelo mental a la primera fase del ciclo se presenta una ruptura entre los dos, ciclo didáctico y modelo mental, ya que el modelo mental que trae el alumno sobre la célula no permite ser expuesto, indagado y cuestionado y por lo tanto no permite establecer si el estudiante trae o no un modelo mental o este sólo es una proposición.

Se debe pensar que la Ciencias Naturales, como la Biología, está en constante construcción y de esa manera la construcción del Concepto de Célula debe estar siendo formado desde el primer momento de la interacción con el alumno. En el trabajo de Rodríguez Palmero (2001) en el diseño de su investigación, basada en los modelos mentales de Johnson Laird, si aparece el investigar de entrada con qué concepto de célula llegan los alumnos para de esta manera plantear o explorar el alcance y grado de aplicación de lo expuesto por Johnson Laird en su teoría, es decir establecer las pautas con las cuales después va a medir cualitativamente a qué tipo de modelo mental se llegó con los alumnos.

En la parte de la metodología que corresponde a la introducción de los nuevos conocimientos y a la fase de estructuración y síntesis de los nuevos conocimientos, se construyó una Unidad Didáctica con el objeto de empezar a establecer los nuevos conceptos sobre la Célula que se quiere tener al final de esta Unidad. Con esta Unidad Didáctica se pretende interpretar lo que los alumnos elaboran y recuerdan de las diferentes prácticas de laboratorio para establecer si a medida que van sucediendo estas prácticas los estudiantes han construido nuevas representaciones que permitan en la evaluación establecer si su nivel cognitivo cambió o no y si como lo plantea Johnson Laird sus mentes trabajan y forman las imágenes que son productos tanto de la percepción como de la imaginación del mundo real. En esta parte de las fases del ciclo didáctico confluyen en la idea que presentan los modelos mentales. La construcción de un concepto a partir de aspectos prácticos permite al alumno ajustar su modelo mental con el que observa en la práctica o en las imágenes proyectadas en el aula de clase, ya que los sujetos cuando reciben informaciones espaciales adicionales a las que habían recibido oralmente, son capaces de hacer referencias sin recordar lo escuchado.

Luego de la intervención, se puede indagar si el Modelo Mental que presenta el estudiante en ese momento corresponde a uno estructural es decir conoce la estructura celular pero no su funcionamiento su imagen es estática y única o es un modelo dual que conoce su estructura y funcionamiento pero uno independiente del otro. O corresponde a un modelo causal discursivo en el cual el modelo mental de la célula integra estructura y funcionamiento pero su imagen sigue siendo estática y simple. También se puede dar que el modelo mental corresponda al causal imagístico, el cual integra estructura y función establece inferencias y deducciones elaboradas entre procesos y estructuras. Su imagen es dinámica y compleja y hacia ella es que se quiere que el alumno llegue.

La fase de introducción de los nuevos conocimientos permite que una vez cumplida la fase anterior que es un diagnóstico previo o aproximativo al nivel cognoscitivo de los alumnos se debe hacer una retroalimentación sobre las respuestas de los alumnos para de esa manera poder delimitar la intervención ya que si las respuestas son aproximadas a la “realidad conceptual” la intervención que hará el maestro será mínima y las actividades serán pocas, pero si las respuestas están muy alejadas de la “realidad conceptual” los niveles de intervención deben ser mayores.

De acuerdo a Johnson - Laird la mente humana opera con una tripleta de códigos que son las proposiciones o representaciones proposicionales, modelos mentales e imágenes y es en esta parte de la intervención, en donde cada una de ellas puede pasar a ser el código siguiente. Lo que después se puede establecer es que cómo cada una de las actividades propuestas permiten pasarla del individuo a la realidad de su mundo y de esa manera aprehender una parte, y ese lenguaje que se da en las observaciones empiece a incorporarlo a la estructura del conocimiento propio.

De alguna manera las conclusiones a las cuales llegan los alumnos se realizan por procesos inferenciales y guardan además una estrecha relación con lo que creen, pues es también cierto, que la familia, la sociedad y su cultura son apoyos básicos o no, para incorporar los nuevos conocimientos.

La fase de estructuración o síntesis, los alumnos después de recibir la información tienen varias posibilidades, una de ellas es el de utilizarlas interpretándolas con su conocimiento lo cual genera modelos híbridos, otra es que la memoricen en listas inconexas a través de representaciones internas proposicionales y sólo sirvan para aprobar evaluaciones y una tercera, quizá la más remota, es formar modelos mentales consistentes con la información recibida.

En esta fase aparece un problema para el profesor pues no se puede saber qué tipo de modelo pueden construir los alumnos.

Con respecto a la fase de síntesis, se aplica de nuevo el cuestionario propuesto en la primera fase para saber si el modelo mental desarrollado por el alumno durante las actividades propuestas está estructurado de una manera diferente, es decir, la representación mental del concepto de célula fue modificado y hasta donde pudo haber sido modificado o si por el contrario la intervención propuesta por el docente solo sirvió para reafirmarlo en la imagen que tenía. De acuerdo con la literatura al respecto se tiene el trabajo de Rodríguez Palmero et al (2001) donde enuncia que “en esos modos de entender la célula se han encontrado regularidades y coincidencias, categorías comunes. La construcción de los elementos conceptuales de los conjuntos definidos relativo al contenido celular y, consecuentemente, el manejo de los mismos, así como la capacidad de visualizarlos, ha dado cuatro modelos mentales diferentes de la célula, es decir cuatro formas distintas de representarlas cada vez que se requiere, o sea cada vez que se desea trabajar cognitivamente con la misma como “mundo real” “. Esta fase de síntesis debe llevar al maestro a establecer lo anteriormente expuesto.

Se plantea que con la Unidad Didáctica se pueda llegar, a modelos mentales, que consideren la célula como una unidad viva, formadora de otros seres vivos, que puede presentarse en varias formas de acuerdo al tipo de tejido o al microorganismo unicelular, y que se identifiquen los organelos celulares con su función dentro de la célula.

En la fase de aplicación, se puede establecer si la pregunta problematizadora escogida fue la ideal para llevar a cabo las prácticas de laboratorio sin que estas llegasen a ser cambiadas y además que sean útiles (es decir funcionales) para permitirles manejarse en su vida cotidiana y que así sea a partir de modelos híbridos le sean útiles.

En esta fase lo más deseable es que a través de los modelos mentales en conjunción con los ciclos didácticos les permitan cambiar las concepciones alternativas que son resistentes al cambio. También se espera que los modelos mentales de los alumnos sean únicos ya que están ligados a las capacidades del sistema cognitivo pues en cada uno de ellos se han producido sesgos con respecto a la percepción.

Lo que se desea también es que estos modelos mentales que construyen inicialmente los alumnos sean “modelos mentales básicos”, útiles, los cuales a través de otras intervenciones con ciclos didácticos serán modificados y su nueva concepción ya no será sencilla sino más elaborada ya que cada avance significa un enriquecimiento de los modelos anteriores hasta establecer el concepto de célula que se quiere y que corresponda tanto a un modelo mental estructurado como a una visión holística de la célula como lo ha venido estructurando la ciencia.

Inicialmente los alumnos no tendrán el conocimiento necesario para la interpretación de los diferentes aspectos que se presentan en su nueva concepción, pero a través de la práctica obtendrán.

## **5. Conclusiones y Recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

A partir de una unidad didáctica se pueden caracterizar las relaciones entre los modelos mentales y una propuesta educativa que sirva para enseñar el concepto de célula en el grado quinto de básica primaria.

Se puede concluir que la Teoría de los modelos Mentales de Johnson Laird es una buena alternativa que tiene el maestro para poder transformar los pensamientos empíricos en modelos mentales más cercanos al modelo científico, que luego van a permitir al o la estudiante responder, transformar o actuar ante otro concepto ligado a la ciencia.

El diseño de una unidad didáctica basada en la práctica del laboratorio, es una herramienta muy eficaz para poder llevar a cabo la enseñanza, sobre todo, la de las Ciencias Naturales ya que gran parte de esa enseñanza es de manera oral y sin mucha práctica.

La evaluación constante del o de la estudiante, después de las prácticas de laboratorio, son un insumo importante dentro de la Teoría de los Modelos Mentales de Johnson Laird ya que permiten observar la evolución del concepto en la estructura cognitiva de los alumnos.

Los ciclos didácticos de Jorba y Sanmartí son un instrumento guía muy importante dentro de la construcción de la unidad didáctica.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda que el presente trabajo tenga una intervención, ya que por muchas situaciones inesperadas no fue posible realizarla por parte del autor.

Se recomienda también que se realicen otros trabajos, utilizando la metodología propuesta con otros conceptos en Biología como por ejemplo, la respiración, la fotosíntesis, o la genética mendeliana, las cuales presentan un problema mayor en la asimilación por parte de los alumnos.

Se recomienda profundizar más sobre los Modelos Mentales de Johnson Laird, para poder conocer mejor como se puede realizar una buena intervención con los alumnos.

Con respecto a la unidad didáctica se recomienda que esta sea bien explícita y que el docente que haga la intervención tenga claridad meridiana sobre cuál es el estado de los alumnos antes de cualquier intervención, cómo responden y cómo pueden aplicar luego esos conocimientos con otros para de esa manera irlos formando dentro de la disciplina de las Ciencias Naturales.

Se recomienda que la intervención que se haga con la unidad didáctica expuesta aquí, tenga presente el contexto social y económico en el cual están situados sus estudiantes pues esto es importante para lograr así un mayor acercamiento al conocimiento que va a ser enseñado y luego transformado por sus alumnos. Esto debido a que la mayoría de las teorías son creadas o formadas y aplicadas en países con niveles de vida más altos que los que se encuentran en las

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

instituciones educativas a las cuales asisten los docentes en la ciudad, el departamento o el país.

## Referencias

Astolfi, J.P. (1988). El aprendizaje de los conceptos científicos. Aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 6 (2) (p 147 – 155)

Astudillo P. H., Gene D A.M (1984). Errores conceptuales en biología. La fotosíntesis de las plantas verdes. *Revista Enseñanza de las Ciencias* (p 15 – 16)

Audesirk et al. 2003 *Biología. La vida en la Tierra*. Pearson Educación. México.

Ausubel, D.P. (2000). *The Acquisition and retention of knowlwdge: a cognitive view*. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher. 210 p

Benarroch, A., Núñez, G. (2015) Aprendizaje de competencias versus aprendizaje de contenidos específicos. Una propuesta de evaluación. *Revista de Enseñanza de las Ciencias* 33 (2), (p. 9 -27)

Caballer, M. J., Giménez, L. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*. 10 (2). (p. 172 – 180)

Caballer, M. J., Giménez, L. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 11(1). (p 63 – 68)

Campanario, J. M., Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*. 17 (2), (p. 179 – 192)

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

Gallego M, D. E., Quiceno S. Y., Vásquez, D. (2014). Unidades didácticas: un camino para la transformación de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque investigativo. Revista Tecné, Epistome y Didaxis. Número extraordinario.

Gil P, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias unas relaciones controvertidas. Revista Enseñanza de las Ciencias. 4 (2), (p 111 – 121)

Giordan, A. (1987). Los conceptos de biología adquiridos en el proceso de aprendizaje. Revista Enseñanza de las Ciencias. 5 (2), (p. 105 – 110)

González- Weil. C., Harms U. (2012). Del árbol al cloroplasto: concepciones alternativas de estudiantes de 9º y 10º grado sobre los conceptos <<ser vivo>> y <<célula>>. Revista Enseñanza de las Ciencias. 30(3), pp. 31 - 52

Greca, I. M., Moreira, M. A. (1997a). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. Caderno Catarinense de Ensino de Física. 15(2), (p107 – 120)

Gutiérrez, R. (1987). Psicología y aprendizaje de las ciencias. El modelo de Ausubel. Revista de la Enseñanza de las Ciencias. 5 (2) (p. 118 – 128)

Hodson. D., 1985. Philosophy of Science, Science and Science Education. Studies in Sciences Education, 12 25 – 57

Johnson Laird, P.N. (1988). Mental Models: Towards a cognitive Science of language, inference, and consciousness. Cambridge: Cambridge University Press

Jorba, J., Sanmartí, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de evaluación continua. Propuesta didáctica para las áreas de ciencias de la naturaleza y las matemáticas. Barcelona. Ministerio de Educación y Cultura.

Moncayo.R.G., et al. 1995. Ciencias 6º Naturaleza y Sociedad. Educar Editores, Bogotá

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

Moreira, M. A., Greca, I. M., Rodríguez P, M.A. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. 2(3), (p. 37 – 57)

Neus Sanmartí (s.f.) Enseñar y Aprender: Algunas reflexiones. 35 p

Parga L., D. 2005 Vida 6. Voluntad Editores. Bogotá

Parga L., D. 2008 Biociencias de 6º grado. Voluntad Editores. Bogotá

Pedrozo P. J. et al, 1996. Ciencias. Exploremos la Naturaleza 6. Prentice Hall de Colombia, Bogotá.

Pozo, J., Gómez M (1998). Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid. Ediciones Morata.

Rivera G., D. A., 2011. Propuesta Didáctica para la enseñanza del Concepto Célula a partir de su historia y epistemología. Tesis para optar el título en Maestría en Educación Énfasis Enseñanza de las Ciencias Naturales. Instituto de Educación y Pedagogía. Universidad del Valle.

Rodríguez P, M. L., Marrero A. J., 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. 6(3), (p. 243 – 268)

Rodríguez Palmero, M.L. (2008). La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva. Editorial Octaedro. 223 p

Rojas R. E., Lecuona. J, 1988. Ciencias de la Naturaleza 6º grado: Nuevo diseño Curricular. Ediciones Susaeta, Bogotá

Salas, C. H. (1983). ¿Conceptos o Procesos? Revista Enseñanza de las Ciencias (p 29 – 66)

Relaciones entre la Teoría de los Modelos Mentales y la construcción de una propuesta educativa a partir de una unidad didáctica para la enseñanza del concepto de célula en el grado quinto de básica primaria

Sigüenza, A. F., Sáez, M.J. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 8 (3) (p. 223 – 230)

Solís V, R (1984). Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias. *Revista de Enseñanza de las Ciencias* (p 83 – 89)