

**Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación**

Evolución de las bases teóricas y estrategias didácticas en el aprendizaje de las ciencias en Educación Primaria.

Trabajo fin de grado presentado por:

María del Mar Pérez Pitel

Titulación:

Grado de Maestro en Educación Primaria

Línea de investigación:

Estado de la cuestión

Director/a:

Mónica Romero Sánchez

Sevilla

21 de febrero de 2014.

Firmado por: María del Mar Pérez Pitel

RESUMEN

El presente trabajo nace con la voluntad de dar una breve perspectiva de los años de investigación en materia de conocimiento previo, y su influencia en el aprendizaje de las ciencias en la Educación Primaria, de forma contextualizada al paradigma teórico existente en cada momento.

Mediante este hilo argumental se describen las características del conocimiento previo desde el comienzo de su estudio hasta nuestros días, y su consecuencia principal, que es la necesidad de desarrollar distintos planteamientos metodológicos.

Por último se explican tres pilares fundamentales del actual paradigma científico sobre los procesos de aprendizaje, como son la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, La Teoría de los Modelos Mentales de Jonson-Laird, y la mayor presencia de la Neurociencia en materia educativa.

Palabras clave: Aprendizaje, Ciencias, Primaria, Ideas Previas, Metacognición.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 2 |
| ÍNDICE..... | 3 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 4 |
| 1.2 OBJETIVOS: | 6 |
| 2. MARCO TEÓRICO:..... | 7 |
| 2.1. DEFINICIÓN DE IDEAS PREVIAS..... | 7 |
| Consideraciones previas a tener en cuenta sobre el estudio de este tema. | 7 |
| 2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS IDEAS PREVIAS | 9 |
| <i>Cuadro I. Resumen de las características de las ideas previas-teorías personales en</i> <i>contraste con las teorías científicas.</i> | 10 |
| 2.3. DE LAS IDEAS PREVIAS Y LAS TEORÍAS IMPLÍCITAS HASTA LAS ACTUALES TEORÍAS DE LOS MODELOS MENTALES..... | 11 |
| <i>Cuadro II. Relación entre significado de concepto-modelo cambio conceptual,</i> <i>contexto, autores destacados y consecuencias pedagógicas en el aprendizaje de las</i> <i>ciencias</i> | 12 |
| Nuevas características del conocimiento previo derivadas de su naturaleza implícita y los nuevos modelos representacionales..... | 16 |
| 2.4. ¿EL CAMBIO CONCEPTUAL CÓMO PROCESO DE APRENDIZAJE?..... | 17 |
| Consecuencias de la evolución en los modelos de cambio conceptual en la práctica educativa..... | 20 |
| <i>Cuadro III. Estrategias de enseñanza propuestas como alternativa al Choque</i> <i>Conceptual para la enseñanza de las ciencias.....</i> | 22 |
| 2.5. TRES PILARES BÁSICOS DEL PARADIGMA ACTUAL QUE EXPLICAN EL APRENDIZAJE | 27 |
| 3. CONCLUSIONES: | 33 |
| 4. LIMITACIONES:..... | 35 |
| 5. PROSPECTIVA:..... | 35 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 36 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente trabajo fin de grado surge con el propósito de analizar el estudio de los conocimientos previos del alumno y de sus características más importantes desde la perspectiva del aprendizaje de las ciencias. La evolución de las investigaciones en este campo nos llevará desde los primeros estudios sobre “Ideas Previas” hasta los modelos actuales basados en teorías computacionales sobre el funcionamiento de la mente.

El conocimiento previo está estrechamente relacionado con los mecanismos de aprendizaje y tiene enormes consecuencias en el grado de éxito de los aprendizajes posteriores. Su existencia no se limita al ámbito de conocimiento científico, pero el acercamiento a las ciencias de nuestro currículum, desde el ámbito de lo cotidiano, abona el terreno para creación de ideas previas por parte del alumno.

Debido a ello, y a las dificultades históricas observadas en el aprendizaje significativo de las ciencias, este trabajo también se centrará en la explicación de los procesos de aprendizaje en base a la teoría más actual (Teoría de los Modelos Mentales).

El paradigma actual que explica los procesos relacionados con el aprendizaje tiene un carácter integrador de varias disciplinas. Moreira (1999) habla de una Ciencia Cognitiva que integra varias especialidades (Psicología Cognitiva, Lingüística, Inteligencia Artificial, Neurociencia, Filosofía y Antropología Cognitiva). Concretamente, el presente trabajo se centrará en tres pilares fundamentales:

- La Psicología Cognitiva y su principal aportación, “*La teoría de los modelos mentales*” (Johnson-Laird, 1983).
- La Educación en el marco de la “*Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel*” (1963).
- La Neurociencia, que ha supuesto una revolución en los últimos años debido a los avances en el estudio del cerebro, y que permiten dotar de base biológica a muchos de los procesos relacionados con el aprendizaje.

Una vez descritas las razones teóricas y académicas que guían la realización de este trabajo, considero necesario exponer las razones personales que me llevan a centrar mi trabajo en este ámbito; estas se basan fundamentalmente en la influencia que considero tiene la ideas preconcebidas en el aprendizaje y como esto repercute o ha de ser tenido en cuenta en el desarrollo como docentes de procesos eficaces de enseñanza

Como he comentado, son numerosas las investigaciones empíricas sobre el aprendizaje y las ideas previas, pero para avanzar en la investigación es necesario conocer lo descubierto hasta ahora, por esa razón considero interesante realizar un trabajo de revisión, ya que como he podido comprobar al profundizar un poco más en las teorías de aprendizaje, formación de conceptos,

cambio conceptual, etc., es fácil perderse en la cantidad de modelos y teorías propuestas, así como de planteamientos metodológicos y teóricos de las investigaciones al respecto.

El aprendizaje de las ciencias se considera importante por muchas razones, quizás para mí entre las más importantes esté el hecho de que la construcción del conocimiento científico desafía nuestro sentido común, altera nuestra visión del mundo y lo dota de una perspectiva única, difícilmente alcanzable desde el estudio de otras disciplinas.

Las razones para incluir la ciencia en el currículo de los planes de estudio pueden variar de unos a otros, pero la realidad es que están siempre presentes, a lo largo de la historia y desde los diversos enfoques pedagógicos, y sin embargo el fracaso escolar en el aprendizaje significativo de las ciencias ha sido siempre notorio. Esto hace que el tema siga estando de actualidad.

La capacidad de aprender es una de las características más esenciales del ser humano. Desde un punto de vista puramente biológico, el cambio que produce en nosotros el aprendizaje nos permite adaptarnos al medio que nos rodea de una forma exitosa, pero además, desde la perspectiva humanista de las ciencias sociales, el aprendizaje es la base de nuestro desarrollo personal, y la noble, pero difícil tarea del docente, es dirigir ese desarrollo hacia la excelencia.

Desde la superación de las posturas más conductistas para explicar los procesos de aprendizaje se aprecia una dicotomía entre cerebro y mente. La Psicología, en sus diferentes vertientes, se ha centrado en el estudio de la mente; mientras que el estudio del cerebro quedó como parcela limitada a la Neurofisiología, pero cada vez más se producen acercamientos entre cerebro y mente, y la Educación puede servir de puente entre ambos.

La estrecha relación entre Psicología y Educación es histórica, pero fuera de nuestro país existen cada vez más iniciativas para relacionar Educación y Neurociencia.

En nuestro país, José Antonio Marina ha sido una de las primeras voces en hablar de la necesidad de “diálogo entre Neurociencia y Educación” ante el Consejo Escolar el Estado (2012), proponiendo la Psicología Cognitiva como el área más propicia para establecer nexos de unión.

Pero además de la potencialidad unificadora de las tres vertientes (Educación, Psicología Cognitiva y Neurociencia), existe una razón más para que los educadores miren hacia la Neurociencia. Es muy probable que en pocos años viviremos una revolución en todo lo relativo a mente-cerebro, y los educadores no podemos quedarnos atrás en el conocimiento de nuestra máquina de aprender que es el cerebro, ya que es la herramienta básica que empleamos todos los días en las aulas.

La aplicación práctica en la Educación de avances en el campo de la Neurociencia puede suponer una importante ventaja competitiva, en el sentido que puede proporcionar nuevas formas de diseñar los procesos de enseñanza.

Actualmente, con el Proyecto Cerebro Humano ya en marcha, se vislumbra un futuro prometedor, muchos comparan los recursos destinados a este proyecto de exploración humana con el proyecto de exploración espacial que fue la NASA en sus orígenes, y que sin duda supondrá una revolución en la neuropsicología (Verdejo-García 2012) y su aplicación en el ámbito educativo.

1.2 OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL:

- Conocer y comparar las teorías existentes acerca de los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias y algunas estrategias de enseñanza derivadas de estos planteamientos teóricos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Profundizar en las teorías existentes sobre los procesos de aprendizaje.
- Explicar qué son las ideas previas y cómo se forman.
- Analizar la influencia de las ideas previas en los procesos de aprendizaje posteriores.
- Identificar algunas de las ideas previas erróneas más comunes entre los alumnos de primaria.
- Proponer algunas estrategias para eliminar las ideas previas erróneas.
- Establecer una identificación precisa de las características del conocimiento previo Exponer las bases teóricas de tres pilares fundamentales que contribuyen al actual paradigma sobre el aprendizaje.

2. MARCO TEÓRICO:

2. 1. DEFINICIÓN DE IDEAS PREVIAS

Observando la literatura relacionada con la didáctica de las ciencias en nuestro país, podemos afirmar que esta se ha centrado tradicionalmente en la etapa de la Educación Secundaria, de esta forma, el núcleo conceptual que constituyen las enseñanzas mínimas coinciden con etapas del desarrollo cognitivo apropiadas para el aprendizaje, especialmente en la aparición del pensamiento formal.

Nuestro sistema educativo trata de secuenciar la enseñanza de forma que se optimice el potencial de cada niño, y si bien la etapa de Educación Primaria no es la adecuada para el tratamiento de los núcleos teóricos científicos que forman parte del currículo, es una etapa crucial en el aprendizaje de las ciencias.

En esta etapa debe producirse un acercamiento a la ciencia desde la experimentación, manipulación, observación, emisión de hipótesis y planificación de investigaciones que permitan aprender ciencia haciendo ciencia, en un intento de explicar la realidad que rodea al alumno de la misma manera que la ciencia explica la realidad del mundo.

Desde la perspectiva del Aprendizaje Significativo, este se hace más motivador cuanto más cercano y contextualizado está en la vida cotidiana del alumno, es por eso que en nuestro sistema educativo los contenidos de ciencias están recogidos en el área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural, aunque se dé una gran importancia al tratamiento interdisciplinar de estos conceptos.

Este planteamiento que ayuda a hacer más significativo el aprendizaje de conceptos científicos, plantea un problema, y es que los alumnos, en palabras de Javier Fuster (1994), ya tienen una “teoría del mundo” en esta etapa, especialmente acerca de los fenómenos que observan en su vida cotidiana. Esta forma de entender el mundo que les rodea está formada por **Ideas Previas** que condicionan el aprendizaje posterior, y por esa razón, es fundamental conocer los mecanismos intelectuales que emplea el alumno en esta etapa educativa para poder diseñar estrategias adecuadas.

Específicamente, se necesitarían entender dos mecanismos básicos: el primero, cómo se forman estas Ideas Previas, es decir, conocer los procesos relacionados con el aprendizaje; y en segundo lugar, basándonos en lo anterior, conocer la forma en la que desarrollar estrategias útiles para transformar estas ideas previas erróneas en conceptos científicos, lo que conocemos como Cambio Conceptual.

Consideraciones previas a tener en cuenta sobre el estudio de este tema.

La primera dificultad que nos encontramos al afrontar esta temática se encuentra en el empleo de la terminología.

No es nada extraño encontrar el término “ideas previas” en textos actuales referidos a la didáctica de las ciencias, (podemos encontrarlo, por ejemplo, en manuales de referencia de asignaturas de Universidad Internacional de la Rioja), pero generalmente en este contexto el término hace referencia al bagaje de conocimiento previo del alumnado, y a la necesidad de prever en la práctica educativa sus consecuencias.

Fuera del contexto de la didáctica, cuando entramos en los dominios de la Psicología o Pedagogía, por ejemplo, el término ideas previas se relaciona generalmente con las primeras investigaciones en este campo, que implican la definición del concepto o idea como entidad discreta e independiente dentro del pensamiento.

A medida que el conocimiento sobre este tema ha avanzado, también se han empleado nuevos términos como ideas erróneas, ideas espontáneas, preconcepciones, concepciones alternativas, teorías personales, teorías implícitas, etc., cambiando no solo la palabra empleada, sino también el significado y las teorías sobre el aprendizaje en el trasfondo de la misma¹.

Las ideas previas fueron un objetivo importante de la investigación educativa en los años 70. Aún hoy, se considera un gran problema al que se enfrenta la enseñanza de las ciencias, ya que dificulta su aprendizaje, siendo en ocasiones muy difíciles de modificar, a veces incluso tras muchos años de instrucción científica (aunque debemos considerar que la instrucción científica empleada hace unos años, basada en los aspectos más teóricos, difícilmente podría provocar los cambios deseados). Esto ha hecho que el estudio de las ideas previas fuese la base para más de tres décadas de estudio relacionadas con el tema, los cuales han dado lugar a trabajos posteriores sobre cambio conceptual, teorías del aprendizaje, modelos computacionales, etc.

Y es precisamente en esta enorme proliferación de trabajos de investigación y formulación de teorías, donde encontramos la segunda de las dificultades al profundizar en este tema. Tanto por el número de trabajos, como por la naturaleza descriptiva de gran parte de ellos, se ha generado una gran diversidad de planteamientos teóricos y metodológicos, por lo que establecer una clasificación de los mismos se hace una tarea sumamente ardua.

Por esa razón en este trabajo se intentarán establecer las corrientes de pensamiento que han resultado más significativas y sus principales autores, siguiendo la evolución histórica.

En el siguiente apartado, se tratarán las características generales de las ideas o conocimiento previo científico que tiene el alumno para así obtener una primera definición.

¹ En un apartado posterior de este trabajo se relacionan los términos más empleados en la bibliografía consultada con su marco teórico correspondiente, en un intento de arrojar algo de luz al problema de la terminología aludida.

2. 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS IDEAS PREVIAS

Silvia Bello (2004) unifica definición y causa de las ideas previas al afirmar que son construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones.

De esta afirmación podemos deducir que las ideas previas son útiles para entender el mundo que nos rodea, y por tanto, no están aisladas, sino que forman parte de un esquema coherente de pensamiento, aunque no preciso, fiable y contrastado como el razonamiento científico, ya que la forma en la que se obtienen ambos esquemas es radicalmente opuesta.

Por ejemplo, para volar una cometa, jugar con un balón, patinar, etc., un niño debe tener ideas previas sobre el movimiento y la gravedad, aunque desconozca por completo las leyes físicas que los rigen, pero si ha podido comprobar que cuando lanza un balón con más fuerza hacia arriba, este llega más alto. El efecto del rozamiento en su experiencia no es relevante, aunque sea una fuerza importante a tener en cuenta en cualquier planteamiento de un problema de cinética.

Las ideas previas que forma el alumnado, de forma previa a la instrucción (novatos), o las que forman personas ajenas a un determinado dominio de conocimiento (profanos) son semejantes, y se basan en la observación y experiencia. Su finalidad es dar una explicación razonable a lo que generalmente es en realidad una parte de un fenómeno más complejo, por lo tanto podemos decir que son **específicas** para un determinado proceso sobre el que se trata de dar una **explicación causal de tipo lineal y simple**, carecen de la sistematicidad, contraste de hipótesis y abstracción propias de la metodología científica y de las teorías empleadas por los expertos en un determinado tema. Se basan por lo tanto en el proceso de **inducción**, tratando de verificar una idea o teoría basándonos en la experiencia. Este hecho las caracteriza como **científicamente incorrectas**.

Esa es la razón por la cual se observa cierto paralelismo entre muchas de las ideas previas de los alumnos recogidas en diversos trabajos y algunas teorías históricas de pensadores clásicos. (Pozo, 1987).

Hasta este punto hemos descrito algunas de las características generales de las ideas previas. El establecimiento de estas características fue consensuado por la comunidad investigadora sin notorias diferencias de criterio. Pero las investigaciones continuaron y, durante aproximadamente una década, se observó una enorme proliferación en los estudios relacionados con el conocimiento previo del alumnado en el ámbito de la ciencia.

Desde una gran diversidad de planteamientos teóricos y metodológicos, aunque comúnmente enmarcados en una visión constructivista de la enseñanza-aprendizaje, enriquecida por el desarrollo de la psicología evolutiva y la profundización en la epistemología e historia de las ciencias, los investigadores pretendían dar respuesta a un gran interrogante que permitiría, de

forma indirecta, arrojar un poco de luz sobre los procesos mentales relacionados con el aprendizaje.

Este interrogante consistía en determinar el grado de coherencia (grado de estructuración lógica de un pensamiento), consistencia (tendencia a formar ideas empleando procesos mentales semejantes en contextos distintos) y estabilidad (frecuencia en el empleo ideas semejantes cuando también se encuentran semejanzas en un contexto variable) de las ideas previas, ya que esto podría ayudar a comprender la generación y evolución de estas ideas. Para ello era necesario estudiar la frecuencia en la que aparecían ideas semejantes en función del contexto, así como la posible influencia del contexto en su génesis.

El resultado de las investigaciones enfocadas en este tema es que existen niveles de consistencia y coherencia variables, aunque significativos en los esquemas usados, que si bien indican que estas formas de pensamiento no son inventadas sobre la marcha, tampoco se encuentra respuesta únicamente en el análisis de los datos obtenidos empíricamente, y se hace necesaria una interpretación de los datos desde un punto de vista más teórico (Oliva, 1996).

Esta interpretación teórica de la **inconsistencia e incoherencia** observada en las ideas previas vendrá de la mano de los planteamientos teóricos alumbrados por la psicología cognitiva y el **carácter implícito** que adquiere esta forma de pensamiento.

Ideas Previas o Teorías Implícitas vs. Teorías científicas

- **Pretenden ser útiles vs. Buscan ser verdaderas**
- **La causalidad se explica mediante mecanismos lineales y simples vs. múltiples y complejos.**
- **Se generan mediante pensamiento inductivo vs. pensamiento deductivo.**
- **Explican un fenómeno específico vs. aspectos generales de la realidad.**
- **La presencia de ideas o teorías semejantes en función del contexto es inconsistente e incoherente vs. coherencia y consistencia con el contexto al que se aplica.**
- **Su naturaleza es implícita (generada interiormente) vs. naturaleza explícita (dada desde el exterior).**

Cuadro I. Resumen de las características de las ideas previas-teorías personales en contraste con las teorías científicas. (Adaptado de Pozo, del Puy, Sanz y Limón, 1992).

Las características generales que nos sirven como primera aproximación al tema del conocimiento previo, se verán ampliadas en el siguiente apartado, donde se relacionarán nuevas características fruto de la evolución de las investigaciones y los marcos teóricos que las soportan.

2. 3. DE LAS IDEAS PREVIAS Y LAS TEORÍAS IMPLÍCITAS HASTA LAS ACTUALES TEORÍAS DE LOS MODELOS MENTALES.

Como se comentó en el apartado anterior, el término ideas previas comenzó a emplearse en los años 70, cuando se iniciaron las primeras investigaciones y trabajos acerca del conocimiento previo que tenía el alumnado sobre las ciencias y cómo estas influían en el aprendizaje.

Los cambios de término para referirse a los conocimientos o ideas previas, están íntimamente relacionados con la evolución de las teorías que explican los procesos mentales relacionados con el aprendizaje, y especialmente al significado atribuido al concepto mental o lo que Fernando Flores denomina “concepción del concepto” (Flores, 2004), ya que el significado atribuido a esta palabra varía en función de la teoría de referencia empleada por cada autor.

Todos estos cambios tienen su justificación en un contexto determinado por las corrientes de pensamiento predominantes y la afluencia de resultados procedentes de nuevos trabajos que deben ser acomodados en una teoría que los explique. Pero como ya se ha comentado anteriormente, existe tal diversidad de trabajos y propuestas teóricas, que resulta complicado establecer un hilo argumental que aporte una visión general de la evolución del paradigma científico en este tema.

En base a la clasificación para los distintos modelos de cambio conceptual propuesta por Fernando Flores (Flores, 2004), las reflexiones de José María Oliva (Oliva, 1999), y el resto de la bibliografía consultada, proponemos una línea evolutiva (que cronológicamente puede solapar etapas) en la que se ofrece una visión general de los cambios acontecidos desde los inicios del estudio de las ideas previas hasta el paradigma actual.

De esta forma se establece una relación entre la evolución del término empleado, el significado de concepto en los diversos modelos propuestos para el aprendizaje y el contexto científico en el que ocurren.

De todo esto se derivan nuevos procedimientos metodológicos los cuales serán tratados en el siguiente apartado, pero que ya quedan relacionados en el cuadro resumen (ver más abajo Cuadro II)

| Modelo aprendizaje científico | Significado de concepto mental | Contexto | Cómo se produce el cambio conceptual | Autores destacados | Consecuencias didácticas |
|---|--|---|--|--|---|
| ANTECEDENTES | | | | | |
| Enfoque de los Esquemas Operativos (Estructuralismo) | Conceptualización mediante toma de conciencia, abstracción y autorregulación. | Estructuralismo de los esquemas operacionales de Piaget. | El cambio lleva asociado transformación en las estructuras generales de pensamiento (que permiten la abstracción). | Piaget. | Instrucción dirigida al desarrollo de las etapas operacionales. |
| PRIMERA ETAPA | | | | | |
| Enfoque de las Concepciones Alternativas | Un concepto es una entidad discreta, unitaria, dotada de significado. Se define externamente, es decir, viene dada. | Crítica al modelo de Piaget, se necesita otro modelo más flexible que explique desfases observados. Constructivismo del Aprendizaje significativo de Ausubel. | Se produce mediante reemplazo de conceptos erróneos por otros correctos. El proceso es simple, limitado a las ideas en juego, y en pocos pasos. | Ausubel. Strike y Posner. Carey. | Importancia del conocimiento previo. Choque conceptual |
| SEGUNDA ETAPA | | | | | |
| Enfoque de las Teorías Implícitas | Un concepto sigue teniendo identidad unitaria o discreta, pero su significado ahora tiene origen implícito en función de la teoría o sistema de interpretación del individuo al que pertenece. | Necesidad de un modelo intermedio. Grado de consistencia en el conocimiento previo del alumnos es variable pero significativo, y no puede explicarse por ninguno de los modelos anteriores | Cambio de teorías personales implícitas por otras explícitas y científicas. El cambio consiste en un reemplazo de estructura conceptual, es un proceso complejo y gradual. | Chi. | Críticas al choque conceptual Y características derivadas de la naturaleza implícita |
| TERCERA ETAPA | | | | | |
| Enfoque de los Esquemas Representacionales. | El concepto es una entidad difusa, forma parte de una red compleja teoría-marco. El significado depende de las condiciones cognitivas innatas del sujeto que crea su propia teoría-marco. | Teoría de los Modelos Mentales aportada por la Psicología Cognitiva. Visión computacional de la mente. | Proceso gradual y complejo, en el que no existe reemplazo sino síntesis e integración de la nueva información modificando de forma progresiva los modelos mentales que ya posee el alumno. | Vosniadu. Pozo. | Del cambio conceptual al cambio representacional. Importancia del contexto (determina qué esquema se activa) |
| CUARTA ETAPA | | | | | |
| Enfoque basado en el uso de Modelos Mentales. | Existen al menos dos tipos de constructos mentales que producen conceptualización mediante la interacción dinámica entre ellos, dependiente del contexto. | Aportaciones desde la neurociencia que refuerzan esta teoría de modelos mentales. Modelo mental como representación ad hoc. | No existe cambio como tal, sino enriquecimiento-desarrollo-evolución conceptual. Variedad de conceptualizaciones. Modelo mental no tiene entidad permanente en la memoria. | DiSessa. Moreira. Marín. Oliva. | Abandono del cambio conceptual. Metacognición. |

Cuadro II. Relación entre significado de concepto-modelo cambio conceptual, contexto, autores destacados y consecuencias pedagógicas en el aprendizaje de las ciencias

Es necesario aclarar el contexto *antecedente*, en el que en el ámbito investigador se comienzan a verter críticas sobre los esquemas operativos de Piaget, que consideran el desarrollo cognitivo desde una perspectiva estructuralista y rígida y se diferencian etapas en la evolución del niño, caracterizadas por el tipo de operación mental que es capaz de llevar a cabo (se diferencian cuatro etapas: sensori-motora, pre-operacional, operacional concreta y operacional formal). No obstante, a pesar de ello se observa que la uniformidad inherente a cada etapa no puede explicar los llamados desfases de razonamiento observados, y por ello las voces más críticas abogan por un modelo de aprendizaje más flexible. Es por ello que el modelo de aprendizaje desde el enfoque de los esquemas operativos se ve sustituido por un enfoque desde las concepciones alternativas.

Evolución histórica de las teorías del aprendizaje y su enfoque desde la didáctica de las ciencias:

En una primera etapa, derivada de los fundamentos de la Teoría de los Aprendizajes Significativos de Ausubel (1963) y la importancia de tomar como punto de partida los conocimientos de los alumnos/as para la construcción del aprendizaje, las investigaciones se centraron en el estudio de las *ideas previas*. Se pretendió identificar el mayor número posible, su origen y sus características, en un intento por categorizarlas y clasificarlas en busca de patrones en la forma de pensamiento y procesamiento de la información que ayudasen a arrojar luz sobre los mecanismos implicados en el aprendizaje.

En este nuevo enfoque el significado de concepto y de cómo se produce el aprendizaje también se modifica.

Así, el *concepto* representa de forma unívoca y precisa una entidad abstracta discreta y unitaria cuyo significado representa un proceso, cualidad, forma o relación. Por otro lado, el aprendizaje se produce cuando cambiamos concepciones erróneas por otras correctas, esto se entiende que se produce mediante un proceso parcial (limitado al tema tratado) y simple (no se considera la existencia de generalidad en el conocimiento y por tanto no debe tratarse de forma global). Se entiende que la instrucción debe enfocarse a los contenidos relacionados con el tema tratado, ya que no existe correlación entre las modificaciones en parte de la estructura cognitiva con respecto a otras partes. Se trata pues de aprender mediante el simple reemplazo de conceptos.

En una segunda etapa, los resultados de las investigaciones sobre las ideas previas y expresamente aquellos relacionados con las características de consistencia, coherencia y estabilidad de los conocimientos del alumnado, hicieron necesaria encontrar una postura intermedia entre las dos posturas enfrentadas anteriores (enfoque esquemas operativos vs. concepciones alternativas), ya que la variabilidad observada en el conocimiento previo del alumnado no responde al esquema piagetiano, pero existe un nivel significativo en la coherencia de las ideas y habilidades científicas de los alumnos/as (Pozo, del Puy, Sanz y Limón, 1992)

Surge así el enfoque basado en las teorías implícitas, según el cual las personas empleamos teorías personales de origen implícito (en el sentido de que no son conscientes para el alumno, no puede

hacerlas explícitas) y coherentes en nuestro conocimiento (sentido común), mediante las cuales explicamos la realidad que nos rodea.

Existe cierta relación entre las teorías personales que podemos elaborar sobre cualquier aspecto de nuestra vida y las que poseen los novatos o inexpertos en un área de conocimiento y son sustancialmente diferentes a las de los expertos, no solo en contenido, sino también en su origen y organización.

Según este enfoque un concepto sigue teniendo identidad unitaria o discreta, pero su significado ahora tiene origen implícito en función de la teoría o sistema de interpretación del individuo al que pertenece, ya que las estructuras y procesos cognitivos son personales, pero este esquema cognitivo mantiene una entidad permanente en la memoria del alumno.

Por lo tanto, el aprendizaje científico (o de cualquier otra índole) consiste en algo más profundo que el cambio de contenidos, se precisa un cambio en la estructura mental que soporta ese contenido y que da origen a las teorías implícitas que pueden ser contrastadas. Pero en esencia el cambio o aprendizaje es un reemplazo, de estructura, en lugar de contenidos, por lo que se hace un proceso más complejo y gradual.

La *tercera etapa* de este desarrollo evolutivo de las investigaciones se produce por la aportación de un nuevo modelo de representación de nuestro conocimiento que tiene su origen en la psicología cognitiva y se conoce como "*Teoría de los modelos mentales*" (Johnson-Laird, 1983). Esta teoría supone un nuevo paradigma en la forma de ver el aprendizaje desde un punto de vista mecanicista, ya que explica que nuestro conocimiento se compone de unidades de información que son representaciones mentales de origen implícito sobre las que operan procedimientos computacionales. Estos procedimientos activan una u otra representación en función del contexto.

Uno de los trabajos más conocidos basado en la teoría de los modelos mentales para explicar las dificultades en el aprendizaje de los estudiantes de ciencias es el de Vosniadu (1994). Según esta autora, desde nuestra niñez construimos conceptos como entidades complejas que no pueden aislarse, son teorías (similares en algunos aspectos a las teorías implícitas), que a su vez forman parte de un todo más complejo, llamado marco explicativo. Este marco explicativo constituye un esquema cognitivo básico que permite al individuo asimilar información nueva, da sentido y significado a sus teorías en base a condiciones cognitivas innatas. Así, el cambio conceptual se produciría mediante transformación y revisión del marco explicativo al encontrar información incoherente que obligue a construir un nuevo modelo.

El proceso es radicalmente opuesto al reemplazo, y se basa en la síntesis e integración del nuevo conocimientos de forma compleja y progresiva, ampliando el esquema ya existente.

Pero aún tomando ideas de la Teorías de los Modelos Mentales, hace una aplicación intermedia, ya que mantiene la idea de conocimiento en base a un esquema, que aunque más complejo que en la etapa anterior, sigue siendo una estructura rígida y que tiene entidad en la memoria.

Finalmente, puede distinguirse una *cuarta y última etapa* que se caracteriza por un enfoque mucho más cercano a la “Teoría de los Modelos Mentales”².

Según esta teoría, los modelos mentales son representaciones complejas elaboradas “ad hoc” (para cada ocasión), es decir, son productos que el alumnado ya conoce, pero está mucho más mediatizado por el contexto o tarea para la que se crean.

Lo que el alumnado ya sabe, es decir, su conocimiento previo, ya no se identifica con un esquema, es más, su carácter difuso podría asemejarse a un red de conocimiento, pero en cualquier caso no tienen representación permanente en la memoria.

Uno de los trabajos más conocidos que puede servirnos de ejemplo básico de esta nueva etapa, es el de diSessa (1993, 2003). Así, como novedad se propone que en el proceso de conceptualización se producen, al menos, dos tipos de construcciones:

- Los *primitivos fenomenológicos*, que son representaciones mentales de los procesos o funcionamientos captados mediante la experiencia directa (intuición). Los cuales poseen una entidad discreta, limitada en tamaño, relacionadas con el lenguaje y disponibles. No se modifican, se reorganizan.
- Por otro lado, estarían las *clases de coordinación*, cuya naturaleza es más compleja, no son intuitivas, ni están disponibles para el individuo. Representan la interpretación que el individuo otorga a los fenómenos, en base a obtiene e interpreta la información. Se generan a largo plazo, aunque no tienen porque existir en el pensamiento intuitivo.

Podemos apreciar rasgos procedentes de la psicología cognitiva entre la similitud de los dos constructos anteriores y las representaciones mentales (imágenes, proposiciones, modelos). Las similitudes también estarían presentes en la explicación mecanicista de los procesos mentales y el grado de profundidad del conocimiento en función de las relaciones establecidas entre constructos.

Siguiendo el ejemplo de diSessa, varios autores proponen nuevos modelos basándose en distintas categorías de constructos mentales y sus relaciones, produciendo tal diversidad de modelos que es fácil perderse, y que algunos autores han criticado preguntándose si no se trataría más de “embrollos mentales” (Moreira 1998 citando a Barquero 1995).

Finalmente, se podría decir que además de tener una línea argumental de los trabajos sobre aprendizaje de las ciencias resumidas en las etapas anteriores, podemos extraer dos conclusiones: La primera, es que no existe un solo modelo que explique el aprendizaje de las ciencias, pero las corrientes más actuales de pensamiento y los modelos propuestos explican el conocimiento en base a los modelos mentales, por lo que si queremos tener una idea clara de cómo se genera el conocimiento previo y cómo se transforma en conocimiento científico, tendremos que acudir a la fuente de la que beben los actuales trabajos, la psicología cognitiva.

² Esta teoría será tratada de forma específica en apartados posteriores.

La segunda, aunque no tengamos aún claro cómo se genera este conocimiento previo, si podemos indicar nuevas características extraídas a lo largo de las etapas anteriores inherentes al conocimiento previo.

Nuevas características del conocimiento previo derivadas de su naturaleza implícita y los nuevos modelos representacionales.

La naturaleza implícita del conocimiento implica que el propio individuo no sea consciente de los procesos que emplea para procesar internamente la información recibida y elaborar conocimiento, pero tampoco lo es cuando expresa su conocimiento acerca de un tema.

El individuo expresa una elaboración de la información original, pero además existe un grado aún mayor de distorsión, ya que esta externalización está mediatizada por el contexto o tarea a través de la cual se estudia. Por lo tanto, existe un **alto grado de incertidumbre** en las ideas previas.

Entramos en la temible paradoja de la investigación científica de alterar el objeto de estudio mediante el método. Es decir, las observaciones recogidas generalmente mediante verbalización en cuestionarios o entrevistas no representarían realmente el conocimiento previo del alumnado, ya que estarían **mediatizados por el contexto o tarea** a la que el individuo sea expuesto (Oliva, 1999).

Como se mostró en el apartado anterior, el proceso no solo es implícito sino también gradual. De esta forma, la modificación de ideas o teorías personales por otras científicamente correctas no se produciría en un solo paso, y por tanto en el alumnado se podría observar **coexistencia** de varias ideas o teorías para explicar un mismo fenómeno o concepto.

La activación de uno y otro esquema, dependerá de su mayor capacidad explicativa del problema planteado, y para ello el alumno/a deberá encontrar características comunes entre la cuestión planteada y sus esquemas de razonamiento.

Puede ocurrir entonces que se apliquen razonamientos poco críticos y superficiales, en contextos que requieren una mayor rigurosidad (Oliva, 1996 citando a Hewson, 1990; Pozo, 1991; Gil y Carrascosa, 1990) ya que no podemos olvidar la una gran importancia que el contexto tiene en la competencia y activación de los distintos esquemas conceptuales del alumnado.

Por último, el carácter **dinámico** de los esquemas de conocimiento del alumnado hacen pensar en un sistema de razonamiento más complejo fruto de una mayor interacción entre elementos (Linder, 1993, apunta a que estos elementos podrían ser al menos individuo, contenido y contexto) y variaciones en el grado de compromiso que tiene el alumnado con sus propias creencias (Oliva, 1999).

Todas estas características anteriores hacen necesaria la aplicación de cálculos probabilísticos en el estudio de los conocimientos previos del alumno.

2. 4. ¿EL CAMBIO CONCEPTUAL CÓMO PROCESO DE APRENDIZAJE?

El impacto de las primeras investigaciones en materia de conocimiento previo de los alumnos sirvió para afianzar la idea de Ausubel sobre la enorme importancia que tiene este conocimiento en el aprendizaje posterior del alumno, pero además hizo necesario profundizar en el estudio de cuestiones relacionadas que explicasen la relación entre el conocimiento previo (científicamente incorrecto), el nuevo (científicamente correcto) y la forma en que ocurría el cambio conceptual de uno a otro.

Con respecto al cambio conceptual, tampoco existe un solo modelo, y cómo ocurría en el caso de las teorías que explicaban el proceso de formación del conocimiento previo, los diversos modelos siguen una línea argumental relacionada con el contexto científico que explica los procesos de aprendizaje.

El modelo de cambio conceptual con mayor difusión entre la comunidad educativa fue el propuesto por Strike y Posner (1985 y su posterior revisión en 1992 basándose en el concepto de ecología conceptual³).

Se basa en la idea de un aprendizaje por reemplazo de conceptos erróneos (desde la perspectiva de las concepciones alternativas un concepto tiene entidad discreta) por otros conceptos científicos.

Este reemplazo se produce a través de dos mecanismos (que reflejan la herencia del pensamiento de Piaget):

- **Asimilación**, mediante la cual se incorporan nuevos conceptos sin necesidad de revisar los ya existentes, puesto que el alumno no aprecia incoherencias.
- **Acomodación**, es un proceso basado en la rivalidad entre concepciones, que tiene su base en la ecología conceptual, y que implica un cambio más profundo ya que requiere cambios en la estructura de estos conceptos. Estos cambios consisten en el debilitamiento de las concepciones previas y el reforzamiento de las concepciones científicas. El cambio conceptual es el resultado final de este proceso de acomodación.

Según estos autores existe una semejanza entre las condiciones que deben darse para que exista cambio conceptual en el alumnado y las que debe darse para que exista cambio en la comunidad científica (tomadas de Kuhn y Lakatos,):

1. **Insatisfacción con las concepciones existentes**, ya que no explican de forma coherente fenómenos observables.
2. **Inteligibilidad**. La nueva concepción debe ser entendida en sus aspectos más básicos para que realmente pueda servir como punto de partida (lo cual recuerda al concepto de Zona de Desarrollo Potencial de Vigostky)

³ Ecología conceptual puede definirse como un constructo para englobar a la diversidad de factores personales, sociales e institucionales que afectan al conocimiento del alumno (Moreira, 2003), además de los puramente epistemológicos producto de la historia y filosofía de la ciencia.

3. **Plausibilidad.** La nueva concepción debe ser coherente, incluso teniendo en cuenta la naturaleza poco intuitiva de algunos fenómenos científicos.
4. **Fructificidad.** La nueva concepción debe explicar los fenómenos que produjeron insatisfacción y proporcionar nuevas predicciones. (Flores, 2004)

Este modelo fue pionero y obtuvo una gran trascendencia, pero como ya apuntamos anteriormente existen numerosos modelos sobre cambio conceptual. No tiene sentido entrar en el detalle de cada uno de ellos ya que varios autores han realizado una excelente labor de recopilación como la de Silvia Bello y la clasificación propuesta por Fernando Flores (ambos 2004).

Las diferencias entre los modelos de los distintos autores radica en el significado del propio concepto, lo que condiciona que las estrategias de cambio varíen desde la mera sustitución de unas ideas por otras (Strike y Posner), hasta la reorganización de las categorías a las que pertenecen (Chi), la revisión de las concepciones epistemológicas del alumno (Vosniadou), los procesos de evolución conceptual (Carey) o los mecanismos de transformación de clases de coordinación (diSessa)

Resulta llamativo que a pesar de toda esta diversidad, los modelos mencionados compartan importantes características:

En primer lugar podemos diferenciar entre dos tipos de cambio, uno más superficial y otro más profundo, que generalmente es el que conduce al verdadero cambio conceptual, pero que en cualquier caso, independientemente del término empleado para designarlos (enriquecimiento o revisión en el caso de Vosniadou, reestructuración fuerte o débil en el caso de Carey, aprendizaje paradigmático o no paradigmático en el caso de Caravita y Halldén, etc.), se asemejan mucho a los de asimilación y acomodación postulados por Piaget.

La segunda semejanza consiste en la consideración del cambio conceptual como un proceso:

- **Gradual:** Esta característica encuentra su justificación en:
 1. Los resultados de las investigaciones educativas.
 2. Las bases psicológicas aportadas por Vigotsky y su concepto de Zona de desarrollo potencial.
 3. Desde el punto de vista epistemológico de la evolución conceptual.
- **A largo plazo:** Existe evidencia empírica de la resistencia al cambio.
- **Complejo:** Incluso en aquellos modelos que defienden un reemplazo de conceptos (a priori más sencillos), existe complejidad inherente al modo en que interaccionan estos conceptos de entidad discreta. En otros modelos la complejidad es inherente a la naturaleza del concepto, ya que se considera parte de una teoría-marco, teoría implícita, red conceptual, etc.
- **No siempre lineal:** Que se produzca cambio no tiene porqué significar necesariamente que se adquieran conocimientos científicos.

Los modelos de cambio conceptual descritos hasta nuestros días carecen de la potencia explicativa necesaria para describir los procesos mentales internos que se producen realmente durante el cambio, establecen las condiciones necesarias para ello pero su límite está en el nivel representacional. (Oliva, 1999)

Estas limitaciones tienen dos consecuencias:

- A. Las críticas al cambio conceptual en sí mismo.
- B. La necesidad de recurrir a campos de conocimiento (Psicología cognitiva) que permitan representar los procesos mentales internos.

Fundamentación de las limitaciones encontradas en el *Cambio Conceptual*:

- A. Las críticas al cambio conceptual no son nada nuevo, pero tal y cómo se deduce de la bibliografía consultada, se hacen cada vez más numerosas y más fuertes, al encontrar el desarrollo explicativo de los procesos internos que quedaba limitado en los modelos tradicionales de cambio conceptual, en nuevos modelos procedentes de la Psicología Cognitiva.

Parte de las críticas se centran en la analogía que se establece en la mayoría de los modelos, entre el cambio conceptual en la comunidad científica (cambio de paradigma) y el que se produce en el alumno de ciencias.

Identificar lo que ocurre en la historia y filosofía de las ciencias con los procesos mentales que pone en marcha el alumnado no tiene justificación para muchos autores, entre ellos Caravita y Hallden (1994), Marín (1999), Oliva (1999) y Pozo (1999). Debe diferenciarse por tanto entre la ciencia que corresponde a la comunidad investigadora y la ciencia escolar.

Otra línea argumental crítica la engloban aquellas que ponen en duda la satisfacción de los resultados de su aplicación en el aula y su limitación con respecto a otras estrategias de enseñanza en el aprendizaje de conceptos científicos (Marín 1999).

Por su parte, otra de las críticas proviene de la naturaleza en sí del cambio. Se le sigue llamando cambio conceptual, a pesar de la indeterminación existente con respecto al término concepto. Esta crítica puede verse representada en las preguntas de diSessa y Serrín *¿Qué cambia en el cambio conceptual?* (1998) y Pozo *¿Es conceptual el cambio conceptual?* ((1999).

Para responder a estas preguntas diSessa propone una nueva definición de concepto y de los procesos de conceptualización, mientras Pozo apunta al cambio representacional como sustitución del conceptual. Para ambos autores el conocimiento previo del alumno tiene un carácter implícito que puede ser explicado desde la óptica de los modelos mentales.

Por último, podemos diferenciar otra crítica que pone en cuestión la existencia de que realmente exista un cambio, en el cambio conceptual, sino un proceso continuo. Esta idea de continuo se basa en la propuesta de evolución conceptual de Mortimer (1993), que

explica la resistencia al cambio observada en muchas ideas previas, porque no son realmente eliminadas, sino que pertenecen a dominios de pensamiento distintos de los científicos, pero útiles en otros contextos informales. En lugar de un cambio conceptual, se propone una evolución, desarrollo o enriquecimiento conceptual, a partir del cual se elaboran nuevos significados para los conceptos científicos (Moreira 2003), o transformación (Marín 1999).

- B.** Las limitaciones de los modelos de cambio conceptual para explicar los procesos mentales internos que ponen en juego los alumnos/as, hizo que muchos investigadores en la enseñanza de las ciencias buscasen nuevas formas de describir la representación interna del conocimiento de los alumnos. La importancia de la Psicología Cognitiva en este aspecto es puesta de manifiesto por numerosos autores. Si queremos tener una visión lo más completa posible de cómo aprenden ciencia nuestros alumnos, debemos entender los presupuestos básicos que proporciona este nuevo campo de conocimiento.

Hasta este punto hemos analizado las características del conocimiento previo (o ideas previas), que como demuestran todas las investigaciones tienen una enorme importancia en el aprendizaje de las ciencias. De igual forma, hemos analizado las características del proceso de aprendizaje de nuevos conceptos científicos (llamémosle cambio conceptual o no). No obstante, nuestra visión del aprendizaje de la ciencia se verá completada con la representación del conocimiento que proporciona la *Teorías de los Modelos Mentales* en el siguiente apartado.

Antes de seguir avanzando hacia las posibilidades educativas que nos brindan las nuevas teorías y modelos sobre el aprendizaje de las ciencias, es necesario revisar lo que conocemos hasta ahora, haciendo especial hincapié en aquellas estrategias que a pesar de su actual presencia en la bibliografía, han recibido fundadas críticas desde la comunidad investigadora (Choque o conflicto conceptual), y en aquellas otras que emergen como futuras promesas de gran potencial educativo (Metacognición).

Consecuencias de la evolución en los modelos de cambio conceptual en la práctica educativa.

Las condiciones expuestas en el modelo de Strike y Posner, fueron la base del desarrollo de la metodología basada en el *Choque Conceptual*, o *Conflicto Cognitivo*, que tan amplia acogida tuvo entre muchos educadores.

La premisa de esta estrategia consiste en presentar al alumnado situaciones en las que sus ideas previas provoquen insatisfacción, (primera condición de cambio en el modelo) al no ser suficientes para explicar las evidencias mostradas y así establecer una vía hacia la búsqueda de nuevos conceptos que permitan nuevas explicaciones y predicciones.

El Choque o conflicto conceptual ha recibido también numerosas críticas que podemos resumir en:

- La ineficacia probada en investigaciones de este método para modificar las ideas previas del alumno/a.
- El gran consumo de tiempo y recursos que requiere su implementación en el aula.
- Las dudas sobre su carácter constructivista, ya que no se centra en lo que el alumno/a sabe, sino en sus errores.
- La falta de sustento en la idea de que lo que el profesorado expone como conflicto, sea percibido como tal por el alumnado, (ya que el esquema conceptual que crea el conflicto en la mente del científico-profesor, no existe en la del alumno), si no más bien como confusión.

Por todo lo expuesto anteriormente, existe un consenso significativo entre los investigadores en la enseñanza de la ciencia, que proponen el abandono del Choque o conflicto conceptual como estrategia educativa. (Marín, 1999; Pozo, 1999; Oliva, 1999; Campanario y Otero, 2000 y Bello 2004)

En la propuesta de estrategias alternativas al Choque conceptual de estos mismos autores (que lo critican) existe algo más de diversidad, y se proponen entre otros:

- *Aprendizaje por descubrimiento.* Aunque conscientes de sus limitaciones, Campanario y Moya (1999) proponen no descartar esta estrategia educativa en la enseñanza de las ciencias, ya que consideran que existen en ella elementos positivos muy valorables.
- *Aprendizaje basado en el uso de problemas.* Estos autores también proponen la aplicación de este enfoque, que tradicionalmente se ha limitado a enseñanzas superiores, debido a su potencial utilidad en la didáctica de las ciencias de las etapas obligatorias.
- *Enseñanza por investigación.* Propuesta divulgada en nuestro país de la mano de Gil, y su metáfora del alumno como investigador novel.
- *Instrucción a través de modelos.* En la que la que el alumno/a no encuentra contradicción en el concepto, sino en la forma de razonamiento empleada por él y la que se emplea para el modelo científico (Oliva 1999).

| ESTRATEGIA | NÚCLEO DE LA PROPUESTA | INCONVENIENTES | VENTAJAS |
|---------------------------------------|---|--|--|
| APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO | <ul style="list-style-type: none"> - Originalmente propuesto como alternativa al aprendizaje receptivo, memorístico y repetitivo tradicional. - Piaget sentía predilección por este tipo de aprendizaje. - Incide sobre la aplicación de estrategias de pensamiento formal en el planteamiento y resolución de cuestiones abiertas empleando metodología científica. | <ul style="list-style-type: none"> - Evidencias experimentales de inconsistencia y deficiencia en este tipo de aprendizaje. - La experiencia empírica puede reforzar ideas previas erróneas. - Los alumnos encuentran grandes dificultades en el contraste de hipótesis. - No garantiza que el aprendizaje sea significativo (solo que no sea memorístico) | <ul style="list-style-type: none"> - Papel del alumno como responsable de su propio aprendizaje. - El alumno aprende a descubrir. - Desarrolla la observación crítica la discriminación de anomalías y planteamiento de problemas en los alumnos. |
| USO DE PROBLEMAS | <ul style="list-style-type: none"> - El problema dota al aprendizaje de una perspectiva más práctica. - La propuesta consiste en la selección y secuenciación de colecciones de problemas que sirvan de eje al diseño de la unidad didáctica. | <ul style="list-style-type: none"> - Mayor dedicación del profesor y gran inversión en la elaboración de las colecciones de problemas. - Originalmente planteado en niveles educativos superiores, su fundamentación teórica no puede simplemente extrapolarse a niveles de educación primaria. | <ul style="list-style-type: none"> - Buenos resultados en su aplicación respecto a rendimiento académico y motivación. - La sucesión de problemas orienta al alumno en el aprendizaje. - Desarrolla capacidades generales. |
| INVESTIGACIÓN GUIADA | <ul style="list-style-type: none"> - Desde una perspectiva constructivista esta estrategia defiende la idea del aprendizaje científico como investigación dirigida, basándose en la metáfora del alumno como investigador novel integrado en un grupo de investigación. | <ul style="list-style-type: none"> - Dificultad del profesor para anticiparse a todas las dificultades conceptuales y procedimentales que se planteen. - Limitación en las investigaciones que pueden plantearse debido a la necesidad de simplificación de las cuestiones. - Requiere gran inversión de tiempo. | <ul style="list-style-type: none"> - Hace hincapié en conocimientos procedimentales y actitudinales, además de conceptuales. - El aprendizaje tiene carácter instrumental para el alumno. - Acerca el estudio a la naturaleza del conocimiento científico, su construcción y la relación sociedad-tecnología-ciencia. |
| USO DE MODELOS | <ul style="list-style-type: none"> - El alumno detecta contradicciones y la diferencia entre sus ideas previas y las teorías científicas, cuando compara sus argumentos con los modelos científicos aprendidos. | <ul style="list-style-type: none"> - Limitada aplicación en Educación Primaria, donde el alumno puede no apreciar la consistencia y organización interna de las teorías científicas. | <ul style="list-style-type: none"> - Debilita las ideas previas y ayuda a diferenciarlas de las teorías científicas. - El alumno reflexiona sobre su propio razonamiento. |

Cuadro III. Estrategias de enseñanza propuestas como alternativa al Choque Conceptual para la enseñanza de las ciencias.

Pero el valor educacional de estas estrategias no se limita tan solo a ser una alternativa al Choque Conceptual, sino que también son un ejemplo de medio para desarrollar las estrategias metacognitivas del alumno.

La *Metacognición* se identifica con el conocimiento y control que un individuo posee sobre su propio pensamiento, ya sea en los procesos de aprendizaje que aquí nos ocupan, o cualquier otra actividad psicológica (Flavell, 1979).

Posteriormente Brown (1987), planteó la necesidad que diferenciar estos dos procesos:

- Conocimiento, sobre el propio conocimiento. Lo que Brown conoce como Metacognición, y que engloba a la metamemoria, metaatención, metacompreensión y metapensamiento.
- Mecanismos de control o regulación de las habilidades metacognitivas necesarias para planificar, organizar, revisar, regular y evaluar el comportamiento con la intención de alcanzar una meta.

Es posible establecer una relación más directa entre Metacognición y Aprendizaje de las ciencias, que se entenderá de forma más completa resumiendo brevemente las siguientes líneas de pensamiento que se muestran a continuación:

Por un lado, Allueva (2003), argumenta la importancia del desarrollo de las habilidades metacognitivas del alumnado basándose en que son empleadas por el alumno como herramientas que ayudan al alumno a tomar conciencia y regular su aprendizaje.

Y destaca entre las características de estas habilidades que:

- Sean empleadas de forma consciente o no, en todo aprendizaje.
- Se aprenden, y por lo tanto pueden enseñarse.
- Se consolidan a través de su empleo en base a contenidos específicos.
- Se transfieren, lo que significa que una vez consolidadas en base a unos contenidos o situaciones específicas, pueden aplicarse en otros distintos.

Por otro lado, las habilidades metacognitivas del alumnado son determinantes, desde el punto de vista de Campanario y Moya (1999), para el éxito en el aprendizaje de las ciencias, ya que el enorme obstáculo que representan sus ideas previas requiere de un gran repertorio de estrategias de autorregulación por parte del alumno en la superación de las mismas.

Aunque ese mismo argumento aplicado en sentido contrario ha sido empleado por otros autores para afirmar que el aprendizaje de las ciencias es un medio excepcional para el desarrollo de las destrezas metacognitivas del alumno (Baker, 1991).

Podemos afirmar entonces, que si las destrezas básicas que se esperan alcanzar en un alumno de ciencias son entre otras las de aprender a observar, clasificar, comparar, medir, describir, organizar, predecir, formular hipótesis, interpretar datos, elaborar modelos, obtener conclusiones, revisar dichas conclusiones desde una perspectiva crítica, etc., todas estas destrezas

cognitivas pueden entonces transferirse al tratamiento de cualquier información, formando parte de las destrezas metacognitivas del alumno, y haciendo del aprendizaje de las ciencias un medio y un fin.

Una demanda generalizada entre los investigadores de la didáctica de las ciencias, es la necesidad de desarrollar nuevas propuestas para el desarrollo de las capacidades metacognitivas en el marco general del aprendizaje de las ciencias (en la línea de las estrategias mostradas en el cuadro anterior), ya que este desarrollo se ha producido tradicionalmente en el marco del aprendizaje a partir de textos. Pero como demuestran Campanario y Moya (1999), de la revisión de actividades más tradicionales u originalmente diseñadas para otros marcos de enseñanza, también pueden extraerse recursos aplicables a las necesidades actuales, por lo que proponen entre otros el empleo de las siguientes actividades:

- *Actividades que siguen el esquema PREDECIR-OBSERVAR-EXPLICAR fenómenos cotidianos* (Gunstone y Northfield, 1994):

Tienen como objetivo principal que los alumnos sean conscientes del papel de las ideas previas en la explicación de los fenómenos que observan, pero además pone el foco de atención en el desarrollo de la observación.

- *Elaboración de un Diario de Campo* (Fulwiler, 1987):

De esta forma el alumno obtiene una base documental sobre la que realizar una Autoevaluación de su aprendizaje. Para ellos es necesario que el diario recoja sus experiencias en clase, y cómo se han modificado sus ideas previas respecto a los contenidos científicos tratados.

- *Mapas Conceptuales* (Novak y Gowin, 1984):

Este tipo de actividad pone el acento en los conceptos y la relación que existen entre ellos, de forma que el alumno explicita su jerarquía conceptual sobre un determinado tema y el significado atribuido.

Es una herramienta muy flexible que permite su utilización en diversos momentos, aprendizaje, evaluación, explicación, resumen o revisión de lo aprendido, etc.

- *Diagramas “V”* (Novak y Gowin, 1988):

Fueron diseñados como técnica de indagación que ayudara el alumno a comprender la estructura del procedimiento y el proceso de su construcción.

Se consideran una estrategia muy útil para enseñar y aprender procedimientos.

El método consiste en formular y responder adecuadamente a cinco preguntas sobre un determinado tema: *¿Cuál es la pregunta clave?, ¿Qué conceptos estás relacionados?, ¿Qué métodos de investigación se emplean?, ¿Qué afirmaciones existen? y ¿Qué juicios de valor se emplean?*

En el centro de la “V” se sitúa la pregunta, en la derecha se indica “Metodología”, para responder a la pregunta central, y en la izquierda o “Conceptual” los conocimientos necesarios para llevar a cabo con éxito los procesos de la derecha.

En la punta de la “V” se establecen las conclusiones.



Imagen tomada de Novak, J. D. y Gowin, D. B., (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca.

Por último, nos parece importante no cerrar lo relativo a la Metacognición sin antes hacer referencia a la relación de esta con la motivación (otro aspecto del proceso de enseñanza considerado de gran importancia por educadores e investigadores de la didáctica).

Ugartetxea (2001) afirma que existe relación entre el desarrollo de las capacidades metacognitivas, y el desarrollo de la autoeficacia y motivación escolar.

La Metacognición implica un mejor conocimiento por parte del alumno de la influencia que tiene su actividad sobre el éxito obtenido, al tener un significado más completo de lo que implica aprender y los procesos necesarios para ello, es decir, ayuda a que el alumno se sienta responsable de su aprendizaje.

El establecimiento por parte del alumno de una relación entre su autoeficacia en el éxito obtenido le motiva intrínsecamente hacia el aprendizaje.

En relación con lo anterior McClelland (1976) estableció tres condiciones necesarias que debían darse para despertar en el alumno una mayor motivación intrínseca hacia el éxito:

1. El profesor deba captar la atención del alumno. Haciendo que este perciba el éxito como alcanzable y relacionado con estrategias de aprendizaje ya conocidas por el alumno.

2. El profesor deba asegurar la participación. Para ello debe garantizarse un adecuado clima escolar.
3. El alumno debe sentirse responsable de su aprendizaje. A lo que contribuye el desarrollo de capacidades metacognitivas.

Llegados a este punto del trabajo, para poder conocer mejor los procesos implicados en la cognición que llevan a cabo nuestros alumnos cuando aprenden ciencias, y extraer como hemos hecho hasta ahora, aplicaciones más concretas y aplicables a la enseñanza, debemos profundizar en aquellas teorías, que ya adelantábamos en el anterior apartado, y que tienen su origen en la Psicología Cognitiva. Son muchas las teorías procedentes de este campo que han visto la luz en los últimos años, por lo que es imposible abordarlas todas, y tan solo nos referiremos en el siguiente apartado a la Teoría de los Modelos Mentales (Johnson-Laird), por ser la citada con más frecuencia en la bibliografía estudiada, ya que ha servido de base para desarrollos teóricos posteriores.

Pero como ya aclarábamos en el anterior apartado, la necesidad de buscar en la Psicología Cognitiva un nuevo marco teórico para los procesos cognitivos en el aprendizaje de las ciencias, se debía a las limitaciones de los modelos de cambio conceptual, que estaban fundamentados en los modelos teóricos propuestos por cada autor y sin una clara explicación analítica de lo que ocurre en la mente.

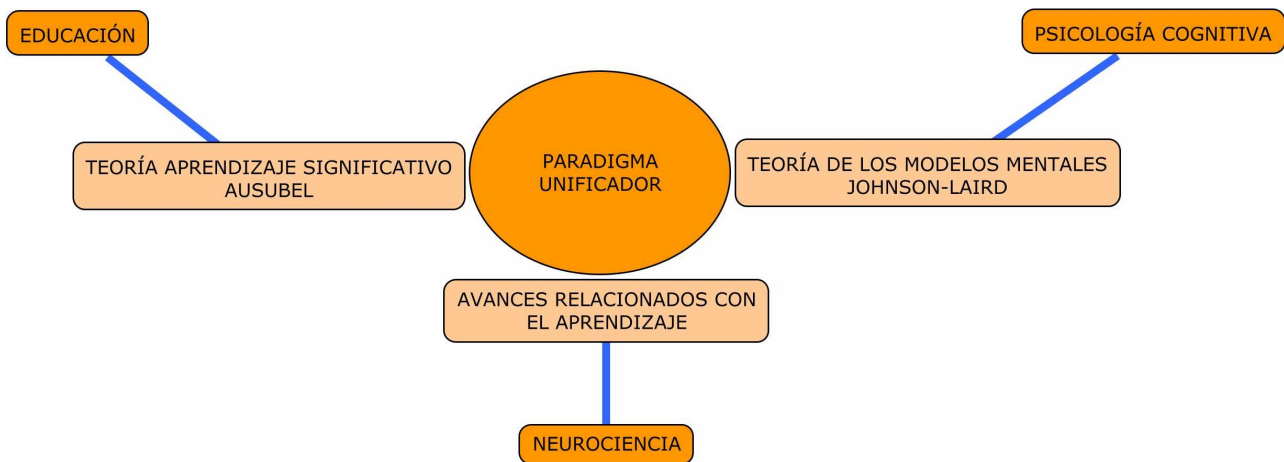
Ahora bien, pese a sus limitaciones, el cambio conceptual ha servido al ámbito educativo como marco de explicación de procesos cognoscitivos de acuerdo al aprendizaje significativo, siendo la Teoría del Aprendizaje Significativo (Ausubel) un importante marco de referencia teórico en el ámbito de la Educación.

Lo que pretendemos al ahondar en las bases de los modelos mentales es dar una perspectiva del aprendizaje significativo desde una explicación cognitiva más reciente, y que supone un salto cualitativo semejante al paso de lo analógico a lo digital.

Por último, para completar nuestra visión de los procesos cognoscitivos del aprendizaje, no podemos obviar la importancia que han tenido estos últimos años los descubrimientos en Neurociencia, ya que dotan de base biológica a muchas de las observaciones hechas en el campo de la educación y psicología, pero además, ofrecen nuevas oportunidades de investigación.

Excede al alcance de este trabajo ofrecer el marco teórico del actual paradigma científico que recoja el consenso de la comunidad científica con respecto a los procesos de aprendizaje, ya que como apuntaba Moreira (2003) al hablar de Ciencia Cognitiva, esto implica a numerosas disciplinas de conocimiento tales como Filosofía, Antropología, Historia, etc. Es por ello que en el siguiente apartado solo haremos referencia a tres de ellas: Educación, Psicología y Neurociencia.

2. 5. TRES PILARES BÁSICOS DEL PARADIGMA ACTUAL QUE EXPLICAN EL APRENDIZAJE



LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE AUSUBEL (1963):

En 1963 de manos de David P. Ausubel se enunció la Teoría del Aprendizaje Significativo, que continúa siendo tras más de 40 años un referente en la Educación, lo que demuestra la capacidad explicativa e integradora de esta teoría en lo relativo a los procesos mediante los cuales los alumnos adquieren y retienen grandes cuerpos de significado. Además de su carácter integrador, ha resultado ser más práctica en su aplicación al contexto del aula, y ha generado estrategias concretas que lo facilitan.

Comenzaremos con un breve resumen de las bases teóricas que sustentan esta teoría:

Desde la perspectiva de Ausubel, para que el aprendizaje sea significativo, el nuevo conocimiento que se va a adquirir debe relacionarse con la estructura cognitiva ya presente en la persona que aprende de forma *no arbitraria y sustantiva*.

No es arbitraria porque la interacción entre nueva información y estructura cognitiva del aprendiz, se realiza a través de ideas que sirven de anclaje y se denominan “subsumidores”.

El aprendizaje es significativo cuando existen estos subsumidores incluidos en un esquema conceptual claro y disponible en la mente del aprendiz.

Que sea sustantivo se refiere a que lo que se incorpora del nuevo conocimiento es su significado, independientemente del código, medio o grupo de signos empleados para expresarlo.

Pero además, el nuevo conocimiento produce una transformación de los subsumidores a los que se ancla, modificando su estructura cognitiva que resulta más diferenciada, elaborada y

estable, y haciéndola más significativa y quedando retenida en la memoria. Por el contrario todos aquellos subsumidores que no son funcionales, caen en el olvido por la falta de uso, al debilitarse su anclaje al esquema cognitivo.

Contrario al aprendizaje significativo, está el aprendizaje memorístico, que no supone interacción entre nuevo contenido y estructura cognitiva del alumno.

Queda clara de esta forma que las ideas previas (estructura cognitiva del aprendiz, en esta teoría) son una variable muy importante para que el aprendizaje sea significativo.

El aprendizaje significativo, según Ausubel, tiene grados de complejidad en función del objeto aprendido (el significado de una palabra, un concepto o una idea más compleja⁴), que se corresponden con una estructura cognitiva organizada de forma jerárquica⁵.

Pero como ya enunciamos al principio de este punto, un elemento diferenciador de esta teoría es su potencialidad práctica, ya que el propio Ausubel enunció condiciones (A) y pautas (B) para llevar a cabo un aprendizaje significativo en el contexto del aula, y que exponemos de forma resumida a continuación:

A. Las **condiciones** establecidas por Ausubel para que se produzca un aprendizaje significativo son:

- Actitud para aprender de manera significativa por parte del alumno.
Ya que no puede obviarse un componente afectivo o emocional en el aprendizaje significativo, que es determinante para que este se produzca.

- Presentación de un material potencialmente significativo.
Esto último implica, que el material siga un significado lógico que pueda enlazarse con la estructura cognitiva del alumno, existiendo en el mismo subsumidores adecuados a él, que permitan la interacción con el nuevo conocimiento que se presenta.

Ambas son condiciones necesarias, pero no suficientes.

⁴ *Representacional*, referido al aprendizaje de palabras, y la relación entre símbolo y su significado.

Conceptual, referido al aprendizaje de conceptos, y la relación del símbolo con los atributos que lo definen y diferencian en su significado.

Proposicional, referido al aprendizaje de ideas expresadas mediante conceptos y el significado que estos expresan, que tiene un sentido comunicativo más allá de la simple traducción del significado de las palabras que lo componen.

⁵ *Subordinado*, explica el aprendizaje conceptual y proposicional, mediante relaciones de subordinación de los nuevos conocimientos a otros de carácter más general ya presentes en la estructura cognitiva.

Superordenado, este aprendizaje sigue el camino contrario, y se produce cuando se incorpora un concepto más general que subordina a otros ya existentes.

Combinatorio, se produce mediante el establecimiento de conexiones entre conocimientos ya existentes en la estructura cognitiva, que se entienden significativas.

- B.** Respecto a las **pautas** a seguir en la programación de los contenidos con el fin de obtener aprendizajes significativos, Ausubel expone que han de tenerse en cuenta cuatro principios en el análisis, elección y secuenciación de los mismos:
- *Diferenciación progresiva*, para nuestra mente es más natural captar las diferencias progresivamente desde un todo previamente conocido, el decir, el contenido debe ir de lo general a lo concreto.
 - *Reconciliación integradora*, cuando se aprenden nuevas ideas, al alumno le resulta complicado establecer diferenciaciones con respecto a lo que ya conoce y de forma natural asigna una mayor importancia en la jerarquía cognitiva a las ideas más inclusivas y generales, y menor importancia jerárquica a las más diferenciadas.
 - *Organización secuencial*, según el cual deben respetarse las relaciones naturales en la organización del contenido, presentando antes el contenido que pueda ejercer como facilitador del siguiente.
 - *Consolidación*, refiriéndose a la necesidad de hacer más significativos y efectivos aquellos subsumidores considerados funcionales, mediante reiteración y variedad de tareas en contextos y momentos diferentes.

Desde esta perspectiva teórica se justifica que el aprendizaje de la ciencia no deba organizarse en función de su complejidad, sino de la proximidad a la cotidianidad del alumno.

TEORÍA DE LOS MODELOS MENTALES DE JOHNSON-LAIRD (1983):

Esta teoría proporciona un marco teórico coherente para comprender los mecanismos de representación que emplea nuestra mente, lo hace desde una perspectiva computacional, y entendiendo como única la forma en la que los humanos procesan la información para adaptarse al medio.

Se acepta que si bien nuestra mente es asombrosamente compleja, los procesos cognitivos que se llevan a cabo en ella son limitados y diferenciables, por eso el funcionamiento de la mente puede entenderse mediante representaciones mentales (modelos mentales, imágenes y proposiciones) y los procedimientos computacionales que operan sobre estas representaciones.

En la base de la Psicología Cognitiva, está además la idea de que los individuos no somos pasivos al medio que nos rodea, la información que recibimos del exterior no es captada directamente, sino que es procesada en base a nuestras estructuras de conocimiento y elaboramos una representación mental interna de la realidad.

Los modelos mentales son una forma de representación interna⁶ que actúan como nexo de unión de la realidad exterior y la mente del individuo, representa nuestra forma personal de vivenciar la realidad, de ahí deriva su principal característica y es que son funcionales para la persona que los construye. Nos permiten actuar y explicar el mundo sin necesidad de ser conscientes de ellos, de la misma forma que utilizamos cualquier otra herramienta o instrumento sin conocer su mecanismo intrínseco. Por otro lado, también constituyen un modelo de trabajo, útil en el momento de su construcción, no teniendo una entidad permanente en la memoria (solo están presentes en la memoria de trabajo a corto plazo). Ante una determinada situación, son elegidos determinados modelos para explicarla y entenderla, en base a lo que ya conocemos, por eso los modelos mentales son incompletos (limitados a nuestro conocimiento anterior y habilidades cognoscitivas), imprecisos (se olvidan detalles), poco eficaces (es frecuente en alumnos noveles una tendencia a realizar más operaciones en busca de una menor complejidad mental) y no necesitan ser correctos científicamente (Moreira 2003).

De esta teoría se desprende la necesidad de aproximar los modelos conceptuales (conocimiento formalmente construido y científicamente correcto) a los modelos mentales, para que el aprendizaje sea realmente significativo.

El modelo conceptual⁷ (elaborado por la comunidad científica), es el instrumento de enseñanza para que el alumno elabore una representación interna mediante su instrumento de aprendizaje que es el modelo mental. Para ello el alumno debe atribuir significado al modelo conceptual facilitado.

Aunque no es el objeto de la teoría, tal y como fue formulada, se pueden extraer de ella importantes consideraciones pedagógicas en la enseñanza de las ciencias (Greca y Moreira, 1997 y Moreira 1998).

Cuando se presenta un modelo conceptual a un estudiante, podemos diferenciar a grandes rasgos una serie de pasos en el proceso ideal: 1º El alumno debe considerar necesario entender el modelo conceptual. 2º Debe ser capaz de extraer aquellos elementos relevantes de los que no lo son. 3º Debe relacionar estos nuevos elementos con los que ya conoce y 4º Debe generar un modelo mental.

Lo que desafortunadamente muchos investigadores en la didáctica de las ciencias han observado es que: 1º El alumno en ocasiones no entiende como modelo conceptual aquello que se les presenta. Esto puede deberse a que no posee el conocimiento necesario para interpretarlo o no

⁶ Johnson-Laird distingue tres tipos de representaciones internas, modelos mentales, imágenes y proposiciones, que se diferencian e su estructura y función, pero sobre las que no vamos a profundizar en este trabajo por la extensión y complejidad que suponen, por eso nos centramos en los modelos mentales como propuesta novedosa de esta teoría.

⁷ El modelo conceptual es un modelo preciso, consistente y completo del sistema físico que se inventa para facilitar la construcción de un modelo mental (que no es preciso, consistente y completo, pero debe ser funcional) adecuado (con poder explicativo y predictivo) del sistema físico. Es importante advertir que los modelos conceptuales son inventados por las personas que operan mentalmente con modelos mentales.

entiende que se trata de una representación de un fenómeno de forma simple e idealizada. 2º El modelo conceptual es explicitado mediante el discurso del docente, pero el modelo que se elabora por el alumno no sirve para interpretarlo, sino que se elabora empleando proposiciones aisladas, memorizadas literalmente y recordadas de forma arbitraria. 3º Los mecanismos empleados para relacionar los nuevos elementos son superficiales y poco adecuados al contexto científico y 4º Como resultado el modelo mental generado puede estar muy alejado del modelo conceptual presentado originalmente.

Pero además de ofrecernos nuevas perspectivas en los posibles errores en el proceso de aprendizaje de las ciencias, también la Teoría de los Modelos Mentales ofrece aspectos positivos:

1º Gracias a ella, entendemos porqué son tan resistentes las ideas previas.

No son conceptos aislados, no pueden explicitarse y son personales, por lo que se hace difícil su catalogación, como paso previo al diseño de estrategias para su modificación.

2º La principal característica de un modelo mental es su utilidad, por lo que su modificación debe darse enriqueciendo los modelos previos en un proceso gradual.

3º Al ser un modelo mental una construcción personal, el aprendizaje significativo en el campo de las ciencias puede ser un terreno apto para diseñar estrategias de modelización (cómo construir modelos mentales), semejantes a las necesarias para elaborar el modelo conceptual.

4º Todos somos capaces de elaborar modelos mentales, no se requiere ningún instrumento adicional para aprender ciencias, tan solo es necesario orientar la forma en la que ya los construimos.

Como último punto que expondremos de esta teoría, Johnson-Laird asume que todos los fenómenos mentales dependen en última instancia de fenómenos fisiológicos que ocurren en el cerebro. Por lo que argumenta que existe relación entre la organización jerárquica en niveles computacionales de la mente y la organización funcional del cerebro y el sistema nervioso, de forma que en última instancia los procesos computacionales más básicos se corresponden con impulsos eléctricos y sinápsis neuronales.

Los avances en Neurociencia, aún no permiten explicar con tanto detalle los procesos cognitivos, por lo que aunque Johnson-Laird esté en lo cierto, estableciendo una relación mente-cerebro, no sabemos cómo se relacionan ambos en el detalle.

Pero sin duda en el estudio de cerebro está la respuesta a muchas dudas sobre el aprendizaje, y la Psicología Cognitiva parece ser el puente entre ambos (Marina 2012)

NEUROCIENCIA Y POSIBILIDADES EN SU APLICACIÓN AL APRENDIZAJE:

En los últimos veinte años se ha producido una revolución en la forma de estudiar el cerebro. El desarrollo de las técnicas de imagen que se ha producido en este tiempo (y que aún siguen avanzando) han permitido estudiar el cerebro sin manipulaciones peligrosas y avanzar desde el estudio su estructura al de sus funciones, como primer paso para recortar la distancia entre mente y cerebro.

Uno de los descubrimientos recientes que más influencia ha tenido en la Educación es el de la Neuroplasticidad cerebral.

El cerebro no es una estructura rígida, sino que evoluciona, y el aprendizaje lo modifica.

Las modificaciones pueden observarse a nivel estructural, las conexiones entre neuronas que trabajan conectadas para una determinada función, aumentan su número de conexiones (dendríticas) y la comunicación entre ellas se hace más eficaz (la sinapsis se modifica⁸).

La Educación, entendida como aprendizaje intencional y programado tienen un enorme papel en el desarrollo cerebral y de las capacidades cognitivas de los alumnos, y el conocimiento del cerebro puede dotarla de estrategias más eficaces.

Por eso, se observan cada vez más iniciativas dentro y fuera de nuestro país para integrar las neurociencias a la educación⁹.

En nuestro país, se le otorga cada vez más importancia a este tema, aparecen publicaciones y la Administración se ha hecho cargo de esta necesidad, muestra de ello en la dedicación en exclusiva al tema de las neurociencias en la educación, del primer número de la revista del Consejo Escolar del Estado¹⁰ (Diciembre 2012).

La línea en la que Educación y Neurociencia pueden colaborar es resumida por Antonio Marina (2012) como bidireccional. El ámbito educativo puede mejorar sustantivamente su intervención aplicando avances neurocientíficos, pero además los neurocientíficos pueden obtener información de las experiencias de los educadores.

Para ello propone cuatro posibles vías de desarrollo para esta colaboración, basadas en: 1º la comprensión de los procesos educativos, 2º la resolución de trastornos de aprendizaje, 3º la mejora

⁸ Se modifican valores de potencial de activación y concentración de neurotransmisores, que hacen más eficaz la sinapsis.

⁹ París: Sede del Center for International Studies and Research. EE.UU.: La Universidad de Harvard fue pionera en promocionar la integración de neurociencias y educación mediante diversos programas y eventos. Reino Unido: Establece una serie de seminarios anuales a nivel internacional titulados "Collaborative Framework in Neuroscience and Education".

¹⁰ <http://www.mecd.gob.es/cee/publicaciones/revista-participacion-educativa.html>

de los procesos de aprendizaje y 4º establecimiento de relaciones eficaces entre cerebro y nuevas tecnologías.

3. CONCLUSIONES:

A lo largo de este trabajo hemos expuesto la evolución teórica que se ha producido en lo relativo al aprendizaje de las ciencias.

Analizando las bases de las distintas teorías sobre el aprendizaje, obtenemos diferentes perspectivas en la forma de entender el conocimiento y cómo se organiza en nuestra mente, y por tanto las estrategias educativas que se derivan de cada una de ellas son también distintas.

Este trabajo ha supuesto un gran esfuerzo de síntesis y relación entre los enfoques adoptados desde la investigación en la didáctica de las ciencias, las teorías del aprendizaje, los marcos teóricos prevalentes en cada momento, y las consecuencias que todo lo anterior ha significado en el diseño de la intervención educativa.

En la revisión realizada, de más de treinta años de investigaciones en esta materia, se deduce que la tendencia en la evolución de estas teorías es la de complementar a la anterior, de tal forma que los aspectos más básicos de cada una de las teorías predecesoras se ven modificados al añadirse nuevos datos, fruto de investigaciones y de la interrelación con otros campos de conocimiento, los cuales generan una teoría posterior.

Es difícil resistirse a establecer una analogía entre esta tendencia evolutiva en el conocimiento sobre el aprendizaje de las ciencias y la forma en la que el alumno aprende, modificando mediante el enriquecimiento su conocimiento anterior.

Pero como ocurría con el modelo conceptual de Strike y Posner, si no queremos incurrir en los errores del pasado, no debemos igualar la manera en la que el alumno aprende ciencias, con la manera en la que la ciencia se construye a si misma.

De forma previa a iniciar el presenta trabajo fin de grado, sabíamos que en lo relativo a Educación no existe una sola estrategia válida, cada alumno, cada aula, y cada año son distintos, son muchas las variables que influyen sobre el proceso educativo, pero unas variables tienen más peso que otras y unas estrategias son potencialmente más efectivas que otras en lo relativo a aprendizaje de las ciencias.

La variable que más interfiere en el aprendizaje científico de los alumnos es el conocimiento previo que estos tienen sobre diversos aspectos del mundo físico. Este conocimiento condiciona el éxito del aprendizaje científico posterior, por eso es importante que el docente conozca las características de las ideas previas del alumno expuestas en este trabajo.

Desde una perspectiva constructivista de la educación, las ideas previas son el punto de partida para el diseño de la intervención educativa, y por eso en este trabajo hemos destacado las consecuencias, en lo que a la práctica educativa se refiere, de cada una de las etapas teórica que hemos diferenciado.

Hemos argumentado también en este trabajo, las limitaciones de los modelos tradicionales de cambio conceptual, y de la necesidad de abandono de la estrategia de “choque conceptual” para producir dicho cambio, a pesar de que debido a su amplia difusión sigue encontrándose en la formación inicial del profesorado (Garrido, Perales y Galdón, pag 41. Ciencia para educadores. Manual de referencia UNIR), proponiéndose algunas estrategias alternativas.

El tradicional proceso de “cambio” conceptual, queda actualmente definido como de “enriquecimiento-desarrollo-evolución” conceptual y como proceso gradual, complejo y a largo plazo, que se explica desde las perspectivas del estudio de la mente como sistema computacional propuesta por la Psicología Cognitiva.

Desde el actual marco teórico, se propone una intervención educativa que base sus estrategias en el desarrollo de las capacidades metacognitivas que tienen en la enseñanza de las ciencias un medio especialmente propicio, como hemos argumentado en este trabajo.

También hemos mostrado que en el actual marco teórico sobre el aprendizaje de las ciencias, las teorías “actuales” por su aplicación, no son necesariamente “novedosas”. Es el caso de la Teoría de los Aprendizajes Significativos de Ausubel (1963), que no solo continúa sirviendo de referencia en el campo educativo, sino que actúa como subsumidor (terminología empleada en esta teoría) o teoría anclaje al resto de los modelos y teorías provenientes de otros campos de conocimiento que ayudan a entender el aprendizaje de las ciencias.

Una de estas teorías que puede relacionarse con el Aprendizaje Significativo y con la Metacognición, y que además soluciona las limitaciones explicativas de los modelos tradicionales de cambio conceptual, es Teoría del los Modelos Mentales (Johnson-Laird, 1983).

Desde su perspectiva, el modelo conceptual (científicamente correcto) que presentamos al alumno, no es asimilado directamente en ningún caso, sino que el alumno creará una representación interna del mismo, o modelo mental.

Para que las diferencias entre el modelo conceptual enseñado y el modelo mental que el alumnado elabora de él, sean mínimas, debe hacerse hincapié en dos aspectos:

- El primero, se refiere a que los modelos conceptuales que elaboramos para la enseñanza deben cumplir tres características, ser aprendibles, funcionales y utilizables (Moreira 2003), para que el alumno pueda realizar un aprendizaje significativo del mismo.
- El segundo, se refiere a la forma en la que pueden desarrollarse las habilidades de los alumnos/as en la construcción de modelos mentales (modelización), y para ello el

alumno/a necesita habilidades metacognitivas que le permitan: 1º revisar el sistema de creencias que tiene el propio alumnado sobre el medio físico (sus ideas previas), y que se ve reflejado en su modelo mental, 2º mejorar su capacidad de observación del medio físico para determinar parámetros y estados que puedan ser correspondidos en el modelo mental del alumnado, 3º evaluar las capacidades de su modelo mental (que tiene una finalidad predictiva, debe permitirle comprender y anticipar situaciones en el medio físico) y volver a modificarlo cuando sea necesario.

Como punto final en este trabajo nos hacemos eco de la necesidad encontrada por numerosos investigadores y educadores de establecer un diálogo entre Educación y Neurociencia, en la que la Psicología Cognitiva parece ser quien ejerce las funciones de traducción.

4. LIMITACIONES:

Este trabajo ha encontrado enormes dificultades en la indefinición en cuanto a la terminología empleada, que sumada a la gran variedad de investigaciones, teorías y modelos propuestos, hace muy difícil elaborar una revisión sobre este tema.

Otra dificultad en este trabajo ha surgido de la limitada bibliografía existente relacionada con el desarrollo de las capacidades metacognitivas en el área de la didáctica de las ciencias. Investigar en estas capacidades requiere un nivel básico de conocimiento psicológico, esto dificulta que sean abordadas desde la didáctica de las ciencias, ya que las personas procedentes de esta área tienen en su mayoría formación científica.

5. PROSPECTIVA:

1. Posibles soluciones a las limitaciones encontradas:

Debido al gran ritmo con que se genera información en nuestra sociedad, es necesario volver la mirada atrás y hacer un resumen de lo anterior antes de seguir avanzando, para que los siguientes pasos vayan en la dirección correcta.

Es necesario, por tanto, que en el campo de la investigación didáctica de las ciencias se establezcan significados claros y sin posibilidad de ambigüedades a los términos que se emplean.

Por su dificultad en el tratamiento, no sería aconsejable introducir en la formación del profesorado un análisis muy exhaustivo de la evolución en el marco teórico del aprendizaje de las ciencias, pero si al menos de aquellos aspectos más destacados que permitan entender la necesidad de un cambio de enfoque (mostrados en el Cuadro II del presente trabajo), ya que además de proporcionar un mejor entendimiento del fundamento de algunas estrategias educativas, serviría del medio para la actualización.

También sería beneficioso que los docentes, principalmente en el área de la didáctica de las ciencias, ahondarán en los procesos psicológicos básicos que permitan desarrollar estrategias para la mejora de las capacidades metacognitivas aplicadas a la enseñanza de la ciencia.

2. Futuras revisiones:

Por último, es probable que este trabajo requiera una revisión, a no muy largo plazo, en lo relativo a las aportaciones que la Neurociencia hace a la Educación.

Dr. David A. Sousa (2006) en su libro “Cómo aprende el cerebro”, propone una interesante lista de avances en la Neurociencia relacionados con la Educación, como son entre otros los fundamentos de la Neuroplasticidad, la adquisición del lenguaje oral, la relación entre emociones-estrés y memoria-aprendizaje, la relación entre la conducta adolescente y cambios en el cerebro, efectos del contexto en el desarrollo cerebral, etc. Sin duda, esta lista se verá muy aumentada en los próximos años, y se hará necesario que el profesorado profundice en el conocimiento de nuestro cerebro para poder optimizar sus estrategias de enseñanza.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allueva, T. A., (2003). Importancia del desarrollo de habilidades metacognitivas. *Revista Argentina de Psicopedagogía* 57. Recuperado de:

http://www.unizar.es/depfarfi/unidad_fisiologia/Docs%20PTutor%2007-08/Docs%20generales%20sobre%20tutorias/02_Importancia_del_desarrollo_de_las_H_M.pdf

Bello, S. (Julio 2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Revista Educación Química*, 15, 210-217. Recuperado de:

http://132.248.239.10/cursos_diplomados/talleres/anteriores/medio_superior/nayarit_cesar/material/archivos/3a/02_Ideas_previas_y_cambio_conceptual.pdf

Brackenbury, T., (2012). A qualitative examination of connections between learned-centered teaching and past significant learning experiences. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 12, 12-28.

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

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=94954&orden=23658&info=link>

Campanario, J. M. y Otero, J. C., (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias

metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 18, 155-169.

Recuperado de: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v18n2p155.pdf>

Carrasco, J. B. y Calderero, J. F. (2009) *Aprendo a Investigar en Educación*. Madrid: Rialp, S. A.

Dewey, J., (2004). *Democracia y educación*. Madrid: Ediciones Morata.

diSessa, A. y Serrín, B., (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20, 1155-1191.

Flores, F. (2004). El cambio conceptual: Interpretaciones, transformaciones y perspectivas. *Revista Educación Química*, 15, 256-269.

Fuster, J., (1994). Las ciencias en educación primaria. *Revista Comunicación, Lenguaje y Educación*, 22, 75-84.

Galagovsky, L. R., (2004). Del Aprendizaje Significativo al Aprendizaje Sustentable. Parte i: El modelo teórico. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 22, 229-240. Recuperado de: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v22n2p229.pdf>

García, J. A., (1988). Entrevista a Philip N. Johnson-Laird. *Cognitiva*, 1, 311-333. Recuperado de: dialnet.unirioja.es

Garrido, J. M., Perales, F. J. y Galdón, M. (2008) *Ciencia para educadores*. (Manual de referencia UNIR) Madrid: Pearson Prencise Hall.

Gil, D., (1994). Diez años de investigación en didácticas de las ciencias: Realizaciones y perspectivas. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 12, 154-164. Recuperado de: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v12n2p154.pdf>

Gökhan, Ö. y Douglas, B. C., (2007). An overview of Conceptual Change Theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Tecnology Education*, 3, 351-361. Recuperado de: http://www.ejmste.com/v3n4/EURASIA_v3n4.pdf#page=106

Greca, M. I. y Moreira, M. A., (1998). Modelos Mentales, Modelos Conceptuales y Modelización. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 15, 107-120. Recuperado de: Servidor 150.162.1.115 <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=48386>

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models*. Recuperado el día 8 de octubre de 2013 de la siguiente dirección:

<http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=FS3zSKAfLGMC&oi=fnd&pg=PR6&dq=johnson+laird&ots=wethWohPLm&sig=BErF33MrmyoCmNQmUiVjVVVJ4No#v=onepage&q=johnson%20laird&f=false>

Linder, C. J., (1993). A challenge to conceptual change. *Science Education*, 77, 293-300. Recuperado de: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sci.3730770304/abstract>.

Marín Martínez, N., (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 17, 80-92. Recuperado de: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v17n1p79.pdf>

Marina, J. A., El diálogo entre Neurociencia y Educación. Participación Educativa Revista del Consejo Escolar del Estado, 1, 1-9. Recuperado de: https://www.mecd.gob.es/cee/publicaciones/revista-participacion-educativa/Sumario_N1.html

Moreira, M. A. y Greca, I. M., (2003). Cambio conceptual: Análisis crítico y propuestas a la luz de la Teorías del Aprendizaje Significativo. *Revista Ciencia y Educación*, 9, 301-315. Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/10.pdf>

Moreira. M. A., (1999). Modelos Mentales. Publicado en portugués en *Investigações em Ensino de Ciências*, 1, 193-232. Traducción de M. Luz Rodríguez Palmero. Recuperado de: <http://moreira.if.ufrgs.br/modelosmentales.pdf>

Oliva Martínez, J. M. (1996). Estudios sobre consistencia en las ideas de los alumnos en ciencias. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 14, 87-92. Recuperado de: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v14n1p87.pdf>

Oliva Martínez, J. M. (1999). Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 17 (1), 93-107. Recuperado de: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v17n1p93.pdf>

Osborne, R., Freyberg, P., (1998). *El Aprendizaje de las Ciencias: Influencia de las Ideas Previas de los alumnos*. Madrid: Narcea.

Pozo, J. I., (1987). La historia se repite: Las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad. *Revista Infancia y Aprendizaje*, 38, 69-87.

Pozo, J. I., (1999). Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 17, 513-520. Recuperado de:

http://132.248.239.10/programas/anteriores/diplomados/medio_superior/cch_n/00/03_material/mod5/archivos/Mas%20alla%20del%20cambio%20conceptual%20J%20I%20Pozo.pdf

Pozo, J. I., del Puy, M., Sanz, A. y Limón, M. (1992). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas. *Revista Infancia y Aprendizaje*. Vol. 57, 3-22. Recuperado de:

Rodrigo, M. J., (1997). El hombre de la calle, el científico y el alumno: ¿Un sólo constructivismo o tres? *Revista Novedades Educativas de la Universidad Nacional de Entre Ríos*, 76, 59-66.

Recuperado de:

http://www.bioingenieria.edu.ar/grupos/puertociencia/documentos/fisicaem/PE_Rodrigo_Unidad_4.pdf

Rodríguez, A. y González, R., (1995). Cinco hipótesis sobre las Teorías Implícitas. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 48, 221-229. Recuperado de: dialnet.unirioja.es

Strike, K. y Posner, G., (1992) A revisionist theory of conceptual change. Capítulo 5, 147-177. *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*. Albany (EEUU): State University of New York Press.

Sousa, D. A. (2002). *Cómo aprende el cerebro, una guía para el maestro en clase*. New York: Corwin Press.

Ugartetxea, Josu (2001). Motivación y metacognición, más que una relación. *Relieve*, 7. Recuperado de: www.uv.es/RELIEVE/v7n2/RELIEVEv7n2_1.htm

Ültanir, E., (2012). An epistemological glance at the constructivist approach: Constructivist learning in Dewey, Piaget, and Montessori. *International Journal of Instruction*, 5, 195-212. Recuperado de http://www.e-iji.net/dosyalar/iji_2012_2_11.pdf.

Uva, A. A., (2010). Neurociencias y Educación. *Publicación digital de la Universidad Nacional de Río Cuarto*, 10, 98-108. Recuperado de: http://www.unrc.edu.ar/publicar/cde/Contextos_10.pdf#page=98

Verdejo-García, A. y Tirapu-Ustárrroz, J., (2012). Neuropsicología clínica en perspectiva: retos futuros basados en desarrollos presentes. *Revista Neurología*, 54, 180-186.