



UNAM IZTACALA

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

"Comprensión de textos científicos: Modelamiento de procesos cognitivos de cambio conceptual"

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

L I C E N C I A DA EN PSICOLOGIA

P R E S E N T A (N)

ITZEL BUITRON MARTINEZ

No. de cuenta: 30300537-1

Generación 2006

Directora: Lic. María Estela Del Valle Guerrero
Dictaminadores: Lic. María Salome Ángeles Escamilla
Mtra. Carmen Alicia Jiménez Martínez



Los Reyes Iztacala, Edo de México, 2012.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“El hombre nada puede aprender sino en virtud de lo que sabe”.

Aristóteles.

Gracias a mi mamá por todos estos años de apoyo... a mis hermanos, a mi papá, a mis amigos, a Erick, y a los excelentes profesores que a lo largo de la carrera me inculcaron el amor a la psicología, a la profesora Estela Del Valle, gracias por todo el apoyo. No podría estar más orgullosa de haber estudiado en la máxima casa de estudios UNAM, y en la que considero mi segundo hogar mi amada FES Iztacala.

ÍNDICE

• RESUMEN.....	4
• INTRODUCCIÓN.....	5
• JUSTIFICACIÓN.....	7
1. PROCESOS COGNITIVOS.....	9
1.1 La representación del conocimiento.....	9
1.2 Conocimiento declarativo.....	13
1.3 Conocimiento procedimental.....	14
1.4 El proceso de adquirir conceptos.....	15
2. ADQUISICION DE CONCEPTOS.....	19
2.1 Conocimiento previo.....	19
2.2 Pensamiento científico.....	21
2.3 Interacción entre aprendizaje y conocimiento previo.....	22
3. LOS PROCESOS COGNITIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA....	26
3.1 Cambio conceptual.....	26
3.2 Cambio conceptual en el aula.....	29
3.3 Dificultades en el aula.....	32
3.4 Aprendizaje de las ciencias en la práctica.....	33
4 EL LIBRO DE TEXTO COMO HERRAMIENTA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE CIENTIFICO.....	36
4.1 Estrategias de lectura para comprensión de textos científicos...36	
4.2 Análisis de las estrategias usadas en los libros de texto para el cambio conceptual.....	41

4.2.1 Análisis libro de texto 1.....	42
4.2.2 Análisis libro de texto 2.....	44
5. CONCLUSIONES.....	47
6. BIBLIOGRAFÍA.....	51

RESUMEN

Este trabajo pretende analizar los procesos cognitivos que intervienen en el cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias, y como los libros de textos científicos ayudan a esto. Desde un marco conceptual que explora los alcances de las teorías cognitivas del procesamiento humano en la solución de problemas de aprendizaje de las ciencias, el análisis incluye conocer las estrategias de lectura que propicien el cambio conceptual. Esto se hizo analizando los libros de texto de ciencias utilizados en la educación secundaria en nuestro país, estos libros fueron validados por la SEP y se utilizan en la enseñanza de Biología a nivel secundaria en México. Con esto se concluye que el mejor enfoque para llegar al cambio conceptual está basado en la exploración, el descubrimiento y la construcción de ideas ligadas a un conocimiento previo o experiencias significativas para el estudiante. Se esperaba que los libros de texto de Biología que se analizaron contaran con este enfoque al enseñar ciencias al alumno de secundaria, pero estos libros cuentan con pocas de estas estrategias analizadas en este trabajo.

Palabras clave: procesos cognitivos, cambio conceptual, conocimiento previo, conocimiento científico, estrategias de lectura, libros de texto científicos.

INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes, una de las grandes interrogantes de la psicología educativa ha sido comprender cómo ocurren los procesos de aprendizaje humano. Diferentes teorías psicológicas han tratado de explicar esta interrogante, desde las tradiciones conductuales y constructivistas, hasta las aproximaciones cognitivas básicas y sociales. Todas hablan de los procesos del aprendizaje, aún cuando sus métodos y unidades de análisis son diferentes. Mientras las teorías conductuales apelan al paradigma de estímulo respuesta, las constructivistas parten de la interacción con el medio (en el caso de Piaget), o de la interacción social, en el caso de Vigotsky.

En la perspectiva del presente trabajo, la teoría del aprendizaje social de Vigotsky constituye un parte aguas que hace posible el surgimiento de las teorías cognitivas que a pesar de explicar el aprendizaje como un proceso de internalización que el individuo realiza, falla al describir cómo ocurre. A partir de este supuesto empieza a hablarse de “procesos cognitivos” y la teoría de Vigotsky queda sólo reducida a una explicación muy burda que no despliega el proceso cognitivo, es decir, el procesamiento de información dentro de la mente del ser humano. Desatiende los procesos internos y es ahí donde se ubica la presente investigación de las teorías cognitivas.

En un intento por abordar las omisiones de la aproximación vigotskyana, la teoría cognitiva se da a la tarea de explicar cómo el ser humano procesa la información a nivel mental, y con esto, los procesos de aprendizaje. Pero, ¿por qué es necesario conocer cómo el ser humano “procesa la información” de su entorno para comprender la dinámica de los procesos de aprendizaje?, ¿qué beneficios traería estudiar dichos procesos?

En esta perspectiva, el presente trabajo explora los alcances de las teorías cognitivas del procesamiento humano de información en la solución de problemas de aprendizaje de las ciencias, ya que este tipo de aprendizaje requiere de un grado de comprensión mayor, puesto que para llegar al pensamiento científico es necesario cambiar en el ser humano una

serie de ideas intuitivas para explicar los fenómenos físicos, químicos y biológicos. Este cambio conceptual en la educación en México es importante para que los jóvenes estudiantes de secundaria comprendan mejor los conceptos científicos y los expliquen de una manera razonable y crítica.

Como explican Guzzetti y Hynd (1998), “es necesario que el educador sepa que hay otros aspectos en los estudiantes como la motivación y el interés, que son críticamente importantes en el procesos del cambio conceptual”. (p. 40), en la medida que implica dejar de creer ciegamente en el sentido común como explica Gellon (2005) “las formulaciones de la realidad que hace la ciencia muchas veces se vuelven complicadas, altamente abstractas, desafían profundamente nuestra percepción sensorial y entran en corto circuito con nuestro sentido común” (p.207). al motivar al alumno a interesarse en temas científicos para explicar aspectos de la vida diaria se produciría el cambio conceptual esperado.

El cambio conceptual es elemental para que el alumno comprenda conceptos científicos y pueda utilizarlos en la vida diaria, generando así un pensamiento científico más sólido que permita remontar el aprendizaje científico en las aulas.

Esto ayudaría a elevar los puntajes obtenidos por los estudiantes mexicanos, actualmente por debajo de los estándares internacionales de dominio requeridos para la educación secundaria según la prueba PISA que se realiza a los alumnos de 15 años a nivel internacional y que evalúa algunos aspectos de su preparación para la vida adulta en ciencias, lectura y matemáticas (Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto de Evaluación, 2000).

En este trabajo se pretende describir y analizar los procesos cognitivos que intervienen durante la comprensión de conceptos científicos en estudiantes de nivel secundaria.

Se abordará el tema de aprendizaje y los procesos cognitivos implicados en la comprensión de textos científicos, a nivel de educación secundaria. Como problema a investigar nos enfocaremos a caracterizar los procesos cognitivos para analizar modelos de cambio conceptual en libros de texto.

JUSTIFICACIÓN

Si a nivel cognoscitivo el alumno de secundaria está suficientemente maduro para hacer abstracciones y comprender varios tipos de texto ¿qué les impide comprender un texto científico? Esta es una pregunta que nos gustaría resolver en el presente trabajo; y para empezar, podríamos hacer algunas conjeturas alrededor de las características de los textos y las estrategias de interacción de los textos y las prácticas escolares.

En segundo lugar, al preguntarnos ¿por qué es importante trabajar con la capacidad de entender la lógica y el razonamiento científico?, dirigimos la atención a los procedimientos de enseñanza en ciencia capaces de aportar beneficios de manera productiva y económica a las comunidades y al país mismo, toda vez que los avances en investigación informática y comunicativa impulsan el avance y la innovación tecnológica.

Impulsar la enseñanza de ciencias a nivel secundaria facilitará la comprensión de conceptos de la física, la biología y la química; mejorará el rendimiento de los alumnos y, mejor aún, motivará la formación de iniciativas y proyectos de investigación educativa en nuestro país.

Esto quiere decir que si a los alumnos se les enseña en el aula a comprender mejor estas áreas de estudio, el nivel académico subirá de nivel. La única manera de lograrlo es conocer los procesos cognitivos que tienen que ver con el área de comprensión de las ciencias, uno de ellos es el cambio conceptual.

Para empezar, inducir un cambio conceptual entraña una complejidad considerable ya que, como menciona Guzzetti y Hynd (1998), “se ha encontrado que muchas veces los estudiantes se resisten a abandonar sus ideas intuitivas, a pesar de los argumentos convincentes que las contradicen” (p. 187); es decir, que a pesar de que los argumentos en una clase de ciencias sean convincentes, el alumno no cambiará su visión de las cosas, no habrá una abstracción de los conceptos dados.

¿Por qué la abstracción de ideas es importante para alumnos de secundaria? Se supone que a nivel cognoscitivo, los alumnos de secundaria han logrado un mayor nivel de desarrollo cognoscitivo según teorías constructivistas como la de Piaget o la de Vigotsky, en este rango de edad el nivel de desarrollo es donde el razonamiento no se produce ya, únicamente sobre lo concreto sino también sobre lo posible (hipotético). Se abren paso así para las estructuras de la lógica y las matemáticas, y las elaboraciones propias del conocimiento científico.

Así que la abstracción permite hacer más comprensibles las ideas expresadas en el texto al lector. De esta forma se llegará a un razonamiento lógico de la información dada. Y al haber esta abstracción se puede llegar a comprender lo hipotético, la deducción y de ahí llegar al razonamiento científico, ya que este implica la utilización de estrategias de aprendizaje más complejas.

En concordancia, el objetivo de este trabajo es analizar los procesos cognitivos que ocurren en la comprensión de textos científicos que implican un cambio conceptual.

1. PROCESOS COGNITIVOS

1.1 Representación del conocimiento

Para comprender cómo se desarrollan los procesos de cognición en la memoria humana es preciso generar una imagen de su funcionamiento, para así analizar como conecta los conocimientos y experiencias almacenadas para convertirlos en aprendizaje.

Según Eisner (1987) “El individuo interactúa con un entorno en el que están presentes diversas cualidades. De esta interacción, según las actitudes, propósitos y aprendizaje previo, se interpretan los aspectos del entorno y se forman los conceptos. Estos conceptos se forman a partir de la experiencia que posibilitan los sistemas sensoriales, y posteriormente pueden etiquetarse mediante el uso del discurso, aunque gran parte de nuestra experiencia no permitirá la impresión de una etiqueta verbal” (p.95). Los seres humanos registramos todas las experiencias que nos rodean mediante la activación de un sistema sensorial que las recopila en la memoria operativa, que es el “lugar” donde se relaciona lo vivido con las experiencias y conceptos ya aprendidos.

De esta forma la memoria humana llega a parecerse a la de un ordenador con la única diferencia de que el ordenador tiene una mayor memoria operativa, es por eso que según Gagne (2004) “en la memoria humana el conocimiento debe almacenarse con vista a minimizar la carga de memoria operativa... cada una de las formas de representación del conocimiento utilizada por los seres humanos tiene su propia economía” (p.78).

Las tres principales formas de representación que aborda la teoría cognitiva son: las proposiciones, las producciones, y las imágenes mentales.

Las proposiciones son unidades básicas de información que corresponden aproximadamente a una idea y que se desglosan en dos elementos: una relación y un conjunto de argumentos.

Los argumentos son ideas generales en la proposición, un tema en específico, por ello suelen ser nombres o pronombres. La relación es lo específico del tema, lo restringe, por ello suelen ser verbos, adjetivos y adverbios. Gagne (2004) lo explica en una tabla¹ donde la idea representada es Joe anduvo, separándolo de esta manera: tabla 1.1

Idea	Relación	Argumento/s
Joe anduvo	Anduvo	Joe

En el ejemplo se ilustra como las ideas se pueden relacionar con un argumento, pero también se indica que la idea puede tener más de un argumento, como por ejemplo: Karen manejo un barco; donde el verbo manejar nos da información sobre el sujeto que realiza la acción (Karen) y lo que maneja (objeto) teniendo ahí dos argumentos Karen y barco. Tabla 1.2

Idea	Relación	Argumento/s
Karen manejo un barco	Manejo	Karen, barco.

Lo importante de las proposiciones es que representan formas de comunicar ideas, y facilitan su conexión. Gagne (2004) explica que la información en la memoria se guarda en forma de proposiciones en vez de oraciones (p.87). Esto quiere decir que no necesariamente recordamos las palabras textuales de lo comunicado, pero si extraemos la idea. En palabras más sencillas recordamos la esencia de lo que se quiere decir, el significado.

Dentro de la investigación de Gagne (2004) se explica que tal conexión de ideas se lleva a cabo gracias a las redes proposicionales, que se definen como “conjuntos de proposiciones interrelacionadas” (p.86). Las redes proposicionales son las que interrelacionan una idea con otra, algunas veces en base al significado, a la esencia de cada una de ellas y otras veces por libre asociación. Según Baumann (2001) en su estudio acerca de la comprensión lectora, explica que la forma en la que recordamos la información varia

¹ Gagne, E. (2004) Psicología cognitiva del aprendizaje escolar. Edit Machado. Pag 80. Tabla 3.1

de la niñez a la edad adulta, ya que los niños recuerdan más la información descriptiva sin inferir causas o hechos, esto da pie al uso de la libre asociación para formar redes proposicionales, a diferencia de los adultos donde ellos relacionaban la información jerarquizando el almacenamiento con significados más concretos. En consecuencia las redes proposicionales de un adulto tienen más elementos complejos para unir las ideas

Ejemplo niño:

Yo → compre → un libro → con ella

Libro → de matemáticas

Ella → mi amiga

Ejemplo adulto:

Yo → compre → un libro → con ella

Libro de matemáticas → para pasar mi examen, examen para graduarme de la escuela, para poder conseguir un buen trabajo, etc.

Ella → porque ella sabe que libros de matemáticas sirven para resolver ecuaciones.

¿Pero cuál es el orden para interrelacionar ideas? Según Garné (2004) las investigaciones de Hayes-Roth y Thorndyke sugieren que estas tienen una mayor probabilidad de interrelacionar dos o más redes si las oraciones de donde se deducen se presentan una detrás de otra. Esta adquisición de información crea nuevas proposiciones que se almacenan en la memoria operativa y luego son enviadas a la memoria a largo plazo.

Aunado a esto, los autores también concluyen que las proposiciones que comparten la misma idea estarán relacionadas sólo si las dos están activas en la memoria operativa al mismo tiempo; si no, las interrelaciones no se percibirán y se almacenarán por separado en la memoria a largo plazo.

Es por esto que se dice que la memoria tiene una organización semántica ya que las ideas se agrupan con otras que tengan relación formando así las proposiciones anteriormente explicadas. El agrupamiento depende de las referencias cruzadas y de la

clasificación que el propio individuo le dé a su conocimiento cotidiano. Cohen (1983) con respecto a esto explica que debido a que la experiencia vital de cada individuo es única, los contenidos del almacenamiento de su conocimiento también serán únicos.

La segunda de las formas de representación del conocimiento son las producciones, que son formas más activas de representar el conocimiento procedimental. Estas son programaciones entre condiciones y acciones. Las producciones representan el conocimiento procedimental, básicamente seguir un procedimiento para una situación determinada.

Como lo maneja Gagne (2004) “una producción tiene dos cláusulas, una clausula denominada SI y la otra ENTONCES”. Si, es la condición específica para que ocurra la acción “entonces” (p.98) Ejemplo:

Si... la meta es hacer un experimento y se conocen la hipótesis, la variable dependiente y la independiente

Entonces....Planear cómo manipular la variable independiente y la variable dependiente.

Y la relación entre producciones se da por lo que Gagne (2004) denomina “flujo de control” (p.98). Que ocurre cuando las acciones de una producción aporta las condiciones para que se cree otra acción.

Un factor muy importante es que las producciones tienden a las conductas automáticas; es decir “enciende” la conducta automática bajo ciertas condiciones. Un ejemplo claro de esto es la automatización de acciones al aprender a manejar. Este proceso de automaticidad hace más fácil el almacenamiento de información ya que ocupa poco espacio en la memoria operativa y facilita el uso de la atención consciente en más de una tarea al tiempo. Por ejemplo se puede manejar un auto e ir platicando con el copiloto al mismo tiempo.

Las imágenes mentales son la tercera forma de representación de conocimiento que básicamente retiene en la memoria operativa información física y espacial de aquello que se representa, y es algo que no hacen ni las proposiciones ni las producciones. Ya que gran

parte de la información espacial implícita en la imagen mental se pierde en la representación de la red proposicional.

Un ejemplo de que las personas utilizan las imágenes mentales para recordar información espacial o visual lo explica Garné (2004) citando una investigación de Meudell (1971) donde se le pedía a la gente que dijeran cuántas ventanas había en su cuarto de estar y registro el tiempo que tardaron en responder. Registró que había una relación entre la velocidad de la respuesta y el número de cristales, la gente que tenía mayor número de cristales tardaba mas en contestar que las que tenían menos, puesto que la mayoría de los participantes dijeron haber creado una imagen mental de su cuarto de estar y luego habían contado el número de las ventanas (p.107).

Esta forma de representación hace más fácil el almacenamiento de información en la memoria a largo plazo y en la memoria operativa ya que las palabras o ideas que se pueden representar con imágenes concretas son más fáciles de recordar que aquellas palabras o ideas que no son tan fáciles de representar. En el aprendizaje esto se puede ocupar en la forma de asociar imágenes con la idea que se quiere representar, creando una imagen mental que dura más tiempo en la memoria a largo plazo haciendo difícil el olvido de lo que se aprendió. Por ejemplo cuando a edad temprana se aprende el lenguaje y se asocia la palabra lápiz con el objeto, es fácil que el sujeto no olvide a los 40 años la palabra lápiz y mucho menos la desasocie del objeto.

1.2 Conocimiento declarativo

Las formas anteriores de representación sirven para representar determinado tipo de conocimiento, las proposiciones sirven para representar el conocimiento declarativo y las producciones el conocimiento procedimental.

Es por esto que el conocimiento declarativo puede definirse como una red de proposiciones que la memoria almacena y se interrelacionan cuando las proposiciones comparten la misma idea, lo cual facilita el aprendizaje ya que cada nueva proposición se

relaciona con ideas previas aprendidas que quedan por más tiempo en la memoria a largo plazo.

Dentro de lo anterior Cohen (1983) indica que “Los conjuntos de proposiciones se combinan para formar campos relacionados de conocimiento. Es así como las redes proposicionales forman conceptos, estos básicamente se definen por sus propiedades y sus relaciones con otros conceptos. Así la memoria operativa incorpora constantemente los nuevos conceptos, el conocimiento almacenado se pone al día y de esta forma se localizan, se reúnen y recuperan elementos determinados de información” (p.30).

Esto facilita la adquisición de conocimiento ya que los conceptos almacenados en la memoria operativa se pueden relacionar con los conceptos nuevos que se quieren aprender y así queden en la memoria a largo plazo sin riesgo a que ese nuevo conocimiento aprendido desaparezca.

1.3 Conocimiento procedimental

Cada uno de los dos tipos de conocimiento facilitan a la memoria el almacenamiento de la información, el declarativo informa sobre “que” mientras el procedimental indica “como”.

Este conocimiento indica “específicamente cómo se procede a tal o cual condición. Este opera con la información obtenida en la memoria operativa con el fin de transformarla; ya que una proposición almacenada en la memoria guarda una serie de conocimientos e ideas que reúne y desencadena una serie de acciones. Tal como habíamos mencionado anteriormente su forma de representación son las producciones que tiene como base 2 clausulas específicas SI TAL... ENTONCES TAL.

Se piensa que los dos tipos de conocimiento interactúan y ayudan a la memoria a guardar conocimiento cada vez más complejo.

1.4 El proceso de adquirir conceptos

Debido a la forma en la que interactúa el conocimiento declarativo y procedimental para la adquisición de nueva información en la memoria, se puede decir que esta interacción facilita la formación de conceptos dentro de la memoria, hilando redes proposicionales con ideas similares, desencadenado con esto producciones que ayudan a generar una especie de “output” con el conocimiento aprendido.

Pero por otra parte también la forma cómo van interactuando los tipos de conocimiento tiene mucho que ver con tres factores importantes lo cognitivo, lo social, y lo biológico (desarrollo). Estos forman parte importante en el aprendizaje del individuo.

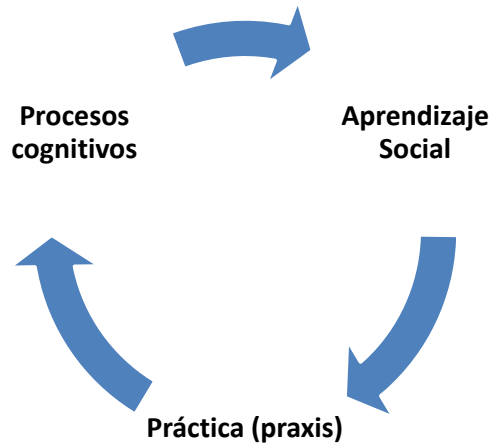
Lo cognitivo se refiere a las formas como la memoria operativa almacena la información gracias a los distintos tipos de conocimiento; da una visión de cómo se va aprendiendo y como se forman conceptos de lo aprendido. Por lo que está estrictamente ligado a la memoria. El modelo de memoria a largo plazo de Atkinson y Shiffrin (1968) establece que la memoria a largo plazo adquiere una mayor persistencia temporal (meses o años) hasta que se demande activar la información requerida o al enfrentar ciertas situaciones.

Este modelo facilita el análisis de los procesos de aprendizaje de conceptos pues básicamente explica que recordamos lo que está en continuo uso, lo que se relaciona con lo que vivimos, con el medio y también lo que nos es significativo; en las oportunidades para hilar las ideas que se acaban de aprender con otras que ya estaban en el memoria. La tesis principal es que el conocimiento previo facilita la formación de un concepto nuevo.

Lo social hace referencia a que el conocimiento procede de la interacción con el medio, tomando al ambiente como uno de los factores que propician el aprendizaje. El contacto con el medio transforma el conocimiento para crear otro nuevo, es decir el aprendizaje también es social.

Una de las explicaciones de la interacción de lo social en el aprendizaje se puede encontrar en el concepto de internalización de Vigotsky. Explicándolo desde el punto de vista de la psicología cognitiva, la internalización sería lo aprendido en la práctica que

regresa nuevamente a lo cognitivo elaborando así nuevas proposiciones, producciones, conceptos y en última instancia la manera de ver un fenómeno. *tabla 1.3*



Teniendo en cuenta lo anterior, Vigotsky también habla de la facilidad de adquirir conceptos cuando la información esta activa en la memoria del sujeto y cuando esta se lleva a la práctica, Lave & Wenger (2003) lo explican, “el concepto de internalización según Vigotsky donde habla también de la distancia entre el conocimiento comprendido, proporcionado por la instrucción y el conocimiento activo como el apropiado por los individuos Tal interpretación está basada sobre la distinción Vigotskiana entre conceptos científicos y conceptos cotidianos, así como en su argumento de que los conceptos maduros se alcanzan cuando las versiones cotidianas y científicas se fusionan”(p.21).

Dentro del proceso de aprendizaje, lo biológico juega un papel importante ya que las formas de interacción en el individuo también dependen del desarrollo de este, y obviamente lo cognitivo también depende de ello. “El propio Piaget aporta elementos trascendentes desde la visión del individuo con la construcción de estructuras que posibilitan las formas de interacción con la fenomenología y su interpretación [en el

universo del niño inicialmente inferenciado cualquier cambio consiste en una sustitución de un cuadro de conjunto por otro... A partir de esta situación esencialmente sincretica, los primeros pasos cognitivos consisten en recortar en dicho cuadro un cierto número de elementos repetibles... de ahí la formación de objetos y relaciones a los cuales se referirán las primeras inferencias o implicaciones entre significaciones y acciones]” (Piaget y García, 1989) citado en Pozo (2007) (p.19).

Aunado a esto, los tipos de aprendizaje descritos a temprana edad forman conceptos basados casi siempre en la experiencia formando una “lógica” basada en el sentido común, pero ¿qué sucede cuando llega el aprendizaje formal? El conocimiento escolar, que abarca una serie de cambios en la cognición del individuo, cambia su manera de ver el mundo por una más explicativa, y claro que el desarrollo forma una parte importante para que se lleve a cabo.

Un ejemplo lo explican Phelps & Wolley (1994) en un estudio que enfoca a las creencias mágicas de los niños, explora como éstos usan la magia para explicar eventos de los que fueron testigos en el mundo real. Aunque muchos pensamos que las experiencias diarias pueden ser explicadas por principios basados en leyes naturales, los humanos también formulamos teorías basadas en lo sobrenatural o en eventos mágicos, y es algo que los niños suelen hacer para explicar fenómenos que están fuera de su entendimiento. Con este estudio comprobaron la variabilidad de las explicaciones de los niños según la edad. Los niños de 4 años resultaron ser más susceptibles a creer en eventos mágicos, los de 6 hacían distinciones entre algunos tipos de magia y los de 8 en un gran porcentaje no creían en eventos mágicos. Esto les permitió concluir que las creencias mágicas son usadas en los niños como una herramienta explicativa cuando aún no comprenden la explicación física del evento.

Las diferentes respuestas de los niños en función de edad también prueban que la forma en que van adquiriendo conceptos que tiene que ver con el desarrollo de estos individuos.

Se considera que lo cognitivo, lo social y lo biológico juega un papel importante en el aprendizaje, se puede entender de manera más clara la forma en que se van formando e

hilando conceptos, mediante la articulación de información del medio, elaborando así un aprendizaje previo que queda como base para poder aprender conceptos nuevos y más complejos.

2. ADQUISICIÓN DE CONCEPTOS

2.1 Conocimiento previo

Los individuos generan ideas “mágicas” acerca de su entorno para poder explicar cosas que no se alcanzan a comprender del todo. Así es como se forma parte del razonamiento simple basado en la lógica de la experiencia, denominado sentido común.

La ciencia como fin tiene generar explicaciones objetivas y precisas del entorno y sus fenómenos, para ello se pretendería que el conocimiento científico fuera claro y consistente con lo que marca el sentido común, con lo que los sentidos dicen del entorno. Pero esto no es así, ya que las experiencias del individuo forman preconcepciones, que muchas veces se vuelven complicadas y desafían el sentido común. Ya que la lógica del sentido común esperaría que la ciencia explicara lo que reportan los sentidos.

El sentido común desarrolla preconcepciones de fenómenos del entorno, ya que se forman ideas e interpretaciones de lo que ocurre, aun que no se haya recibido alguna enseñanza formal sobre ello. Estas preconcepciones se forman a partir de experiencias cotidianas en todos los aspectos de la vida, como lo son conversaciones, lo que observamos, medios de comunicación etc. Estas preconcepciones no coinciden con el pensamiento lógico, el diseño correcto de experimentos o resultados objetivos de la ciencia. Ya que el pensamiento cotidiano está repleto de consideraciones subjetivas, que muchas veces contienen un enorme peso afectivo que las hace inconsistentes, ya que el uso del sentido común para generar preconcepciones al explicar fenómenos y deja de lado el uso de metodología, al respecto Gellon (2005) “por ejemplo nos hablan de un remedio muy eficaz que curó de achaques a varias personas conocidas, pero ¿Como descartar que esas personas se hubieran curado en el mismo plazo sin el remedio? ¿Donde están los controles?”. Asimismo el manejo estadístico de datos generalmente queda fuera de la forma de pensar habitual. Gould (2001) (citado en Gellon, 2005) sostiene también que nuestras mentes

tienden a pensar en términos de promedios e ideas simples, rehusándose a crear variabilidad y dispersión entre los fenómenos y sistemas naturales.

A edades tempranas, los seres humanos comenzamos a hacer este tipo de preconcepciones, Driver (1992) sostiene que al hacer hincapié en las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias: "Dos niños de 11 años, Tim y Ricky, estudian cómo se alarga un muelle a medida que añaden canicas al recipiente de poliestireno que cuelga del mismo. Ricky deposita cada canica y mide la nueva longitud del muelle antes de añadir la siguiente. Tim lo observa; entonces le interrumpe: ¿Qué pasa si lo subimos más arriba? Descuelga el muelle, lo eleva y mide de nuevo su longitud. Aparentemente satisfecho de que la longitud no haya variado, continúa el experimento. Más tarde, cuando se le pidió que explicase la razón para hacer esto, Tim cogió dos canicas, sosteniendo una más alta que la otra y dijo:

>Está más arriba y la gravedad tira más fuerte de ella que de la otra. Cuanto más elevada, mayor es el efecto de la gravedad porque: si te pones de pie allí y alguien le lanza una piedra, le daría, pero no le haría daño. Pero si la lanza desde un avión, se aceleraría cada vez más y cuando le diese a alguien en la cabeza lo mataría<".

Esta idea de Tim es un claro ejemplo de las preconcepciones a la hora de explicar fenómenos naturales ya que la idea que el tenía sobre el incremento de peso cuando los objetos se elevan alejándose de la superficie de la tierra es racional con forme a su lógica aun que desde el punto de vista científico parezca referirse a la energía potencial gravitatoria.

Todas estas preconcepciones tienen como base las experiencias de los sujetos que las construyen, influyendo así en la manera en que adquieren información. Esta forma personal de ver los fenómenos propicia el conocimiento científico, para Driver (1992) "La mayoría de los filósofos de la ciencia acepta que las hipótesis o teorías no representan los llamados datos "objetivos", si no que constituyen construcciones o productos de la imaginación humana". Esto quiere decir que las observaciones de los fenómenos están influenciadas por las estructuras teóricas del sujeto que los observa, en los niños las interpretaciones se basan en sus ideas y expectativas.

2.2 Pensamiento científico

El historiador Daniel J. Boorstin mantiene la idea de que la ciencia como tal comenzó cuando el ser humano cortó las cadenas que lo mantenían atado al sentido común. (Gellon, 2005).

Las interpretaciones guiadas por el sentido común fueron el primer gran desafío para los seres humanos para llegar al pensamiento científico, ya que la forma científica de describir los fenómenos naturales es contra-intuitiva. Como se puede observar a lo largo de la historia, el sentido común de individuos de épocas pasadas les decía que la Tierra estaba inmóvil, que era el sol el que giraba alrededor de la Tierra, tal vez por eso que a Galileo le costó trabajo tratar de convencer a la comunidad científica de su época de que la Tierra se movía porque es una explicación completamente contra-intuitiva.

Para llegar a esta idea Galileo llegó a la conclusión de que los objetos tienden a moverse eternamente a menos que algo los detenga, es lo que llamó principio de inercia, después acuñada por Newton como su primera ley de movimiento. Newton por otra parte concentró su razonamiento en la naturaleza de las fuerzas. Las ideas de Newton fueron aceptadas por los científicos del siglo XVIII sin mucha vacilación pero aun así a las personas de la época les resultó difícil reconsiderar lo que el sentido común les indicaba.

En la actualidad los conceptos contra-intuitivos causan grandes dificultades a estudiantes que tratan de aprender mecánica, ya que muchos empiezan explicando los fenómenos con ideas aristotélicas (que en los objetos existen movimiento propios o naturales) luego desarrollan conceptos propios de la edad media (que existen fuerzas internas a moverse en los objetos) y solo después de un cambio conceptual es que logran pasar por las ideas de Galileo hasta llegar a comprender la mecánica de Newton.

Estos ejemplos de ideas contra intuitivas desarrolladas en épocas pasadas van surgiendo a base de explicaciones de los fenómenos y la experimentación. Estas ideas contra intuitivas no solo son parte de la física, sino que están presentes en todas las ramas

de las ciencias. En química resulta contra intuitiva la existencia del átomo, en biología la de la selección natural etc.

Otro fenómeno que suele darse al tratar de explicar ciencias son los fenómenos discrepantes, estos son también conceptos contra intuitivos que no cuadran con las ideas que el individuo se ha hecho del mundo, ya que al individuo le parecen que no deberían de suceder o que deberían de ser de otra forma. Se dice que un fenómeno es discrepante cuando la interpretación vigente que el individuo tiene no lo explica.

Los individuos que no conocen las explicaciones científicas de algún fenómeno del que son testigos su esquema explicativo surge de la experiencia personal, es así como los fenómenos discrepantes ayudan a eliminar las ideas erróneas que el individuo tienen del mundo y así le ayuda a entender mejor las explicaciones científicas desechando las del sentido común.

Con base a esto se puede decir que el pensamiento científico no aparece espontáneamente en el desarrollo cognitivo del ser humano, Gellon (2005) llega a la conclusión de que “Si el pensamiento científico no surge espontáneamente, entonces debe ser adquirido por instrucción y a través del entrenamiento y modelado por parte de aquellos que ya lo han adquirido. Esta aseveración, aun que está reñida con un constructivismo extremo, nos sugiere que el mejor enfoque para la enseñanza de las ciencias está basado en la exploración, el descubrimiento y la construcción de ideas por parte del estudiante, pero altamente guiado por el docente”.

2.3 Interacción entre aprendizaje y conocimiento previo

Como anteriormente se dijo el pensamiento científico no aparece espontáneamente, implica un proceso tanto psicológico como biológico y social, a partir de este proceso se producen cambios en el individuo para llegar a dicho pensamiento.

Dentro del punto psicológico a nivel cognitivo existe un proceso de cambio radical del conocimiento por sentido común al conocimiento científico, por lo tanto cognitivamente

existe un cambio de conceptos. De esta manera a la reestructuración de conceptos de sentido común por conceptos científicos le llamaremos cambio conceptual.

Así, el conocimiento previo o común desarrollado por el individuo es de importancia porque será la base para que se dé el pensamiento científico. Pozo (2007) explica lo anterior de la siguiente manera: La estructura de conocimiento previo de los individuos es la base sobre la que se produce el cambio conceptual dado que, tal y como se deriva de las teorías del aprendizaje y desde el constructivismo, todo conocimiento se construye a partir del conocimiento ya existente. Por ese motivo, es importante conocer la naturaleza del conocimiento previo, a fin de definir bien el cambio conceptual, lo que pasa por saber qué conocimiento cambia y como cambia.

Anteriormente al conocimiento previo no se le consideraba de importancia Pozo (2007) explica que era porque “el cambio conceptual para la adquisición del conocimiento científico se basaba, en el supuesto de que aprender ciencia implicaba abandonar ciertas ideas o creencias previas, llamadas preconcepciones en apartados anteriores o directamente otros autores les denominaban concepciones erróneas, ya que se asumía que las concepciones alternativas del individuo eran incompatibles con el conocimiento científico”.

Actualmente el concepto de cambio conceptual implica por un lado, “un cambio menor caracterizado por la incorporación de nuevos conceptos o nuevas relaciones a la estructura de conocimiento, sin cambiar, sustancialmente, el significado o el núcleo duro de las concepciones existentes. Por otro lado se describe un cambio mayor que supone una transformación más radical de la estructura conceptual, un cambio teórico que afecta al núcleo duro y, por tanto, al significado central de las concepciones existentes” (Pozo, 2007).

Esto quiere decir un cambio en la estructura del conocimiento declarativo en el individuo, claro sin cambiarlo completamente hilándolo más bien a las preconcepciones existentes.

Y como habíamos visto en el capítulo anterior, el conocimiento declarativo es el tipo de conocimiento teórico, donde el sujeto hila información en forma de redes que le facilitan el almacenamiento de información. Es importante saber que se habla de

conocimiento declarativo porque así sabremos qué es lo que cambia y como se representa dentro de la red proposicional. Por lo tanto el cambio conceptual implica una reestructuración dentro de las redes proposicionales del conocimiento declarativo.

Se adquiere conocimiento declarativo nuevo cuando una nueva proposición es almacenada en la red proposicional con las proposiciones relacionadas con ella. Esto quiere decir que en el individuo al presentarle un nuevo tipo de conocimiento científico obviamente su memoria tratara de ligarlo con eventos significativos anteriores y si no se encuentra con que ligarlo, fácilmente desaparecerá.

Así el cambio conceptual ocurre como un proceso cognitivo que va ligado a este tipo de proposiciones, en el cual ocurre una reestructuración en una red proposicional determinada.

Hewson (1992) explica que el cambio conceptual es más bien un intercambio conceptual donde el estudiante aprenda cosas que no sabía, haciendo conexiones con cosas que ya conocía. Proponiendo así la posibilidad de que con el mismo conocimiento existente en el alumno, se pueda “capturar” nuevo conocimiento.

Es por esto que se dice que el cambio conceptual implica otros factores cognitivos, Guzzeti y Hynd (1998) explica que los procesos cognitivos envueltos en el cambio conceptual en los estudiantes también tienen que ver con sus intereses, motivaciones, actitudes y creencias.

Este autor explica que el cambio conceptual debe verse desde una perspectiva psicológica social, ya que el cambio conceptual es un proceso cognitivo individual en el alumno donde también está implicado el medio ambiente o contexto que rodea al individuo.

Pero ¿en qué nos sirve el cambio conceptual dentro del aula, para que el alumno aprenda ciencia? Treagusth (2006) nos explica que el cambio conceptual es importante porque de esta manera se comprende que los alumnos no son aprendices pasivos y que la nueva información que se les presenta la ligan a su conocimiento previo y experiencias significativas para ellos, y muchas veces sus creencias acerca de un fenómeno están tan

profundamente enganchadas en la base cultural de su comunidad que afecta la visión científica que se les enseña en las escuelas.

En relación con esto Duit (1999) citado en Pozo (2007) explica: " Hay que afirmar que no hay ni un solo estudio en la literatura de investigación sobre las concepciones de los estudiantes en la que una concepción concreta de las profundamente arraigadas en los alumnos haya sido totalmente extinguida y sustituida por una nueva idea. La mayoría de las investigaciones muestran que hay solo un éxito limitado en relación con la aceptación de las ideas nuevas y que las viejas ideas siguen básicamente "vivas" en contextos particulares"

3. PROCESOS COGNITIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

3.1 Cambio conceptual

Como se observó en los capítulos anteriores es preciso comprender cómo se activan los procesos cognitivos en el aprendizaje de nuevo conocimiento, y cómo éste nuevo conocimiento depende del conocimiento previo que tiene el individuo, tanto dentro como fuera del aula.

Al tratar de explicar conceptos nuevos al alumno, se debe tener en claro que éste no es una tabula rasa en la que el maestro escribe las ideas que quiere enseñar, y que tampoco se puede borrar lo que se ha aprendido previamente. Más bien existe una interacción entre lo que se ha aprendido y lo nuevo que se quiere aprender.

Para esto es preciso tener en cuenta que muchas de las veces los alumnos no aprenden lo que se opone con sus preconcepciones del mundo. Por lo tanto cuando el maestro emplea los métodos de enseñanza tradicionalista, donde se le dan instrucciones a partir de exposiciones tanto orales como escritas de conceptos y teorías, el alumno es incapaz de modificar sus preconcepciones y esto dificulta el aprendizaje.

En este sentido es necesario subrayar que para que se produzca el cambio conceptual esperado en los alumnos debe haber una acomodación de conceptos, puesto que existen pautas análogas de cambio conceptual en el aprendizaje. “A veces los estudiantes utilizan conceptos ya existentes para trabajar con nuevos fenómenos. A esta variante de la primera fase de cambio conceptual se le conoce como asimilación. Sin embargo, a menudo los conceptos preexistentes en los estudiantes son inadecuados para permitirle captar los fenómenos satisfactoriamente. Entonces el estudiante debe reemplazar o reorganizar sus conceptos centrales. A esta forma más radical de cambio conceptual la denominamos acomodación.” (Posner, et al. 2000)

Con base en esto se puede pensar que las personas retienen muchos de sus conceptos vigentes y que estos van a funcionar como guía del proceso de cambio conceptual. Hay condiciones de gran importancia que deben de cumplirse para que ocurra la acomodación. Según Pozo y Gomez (2006) Las cuatro condiciones siguientes expresan los aspectos que son comunes a la mayoría de los casos de acomodación:

- 1) Debe de existir insatisfacción con las concepciones existentes. Los científicos y los estudiantes no van a realizar cambios de orden superior en sus conceptos mientras no crean cambios menos radicales no les servirán. Por lo tanto antes de que suceda una acomodación, es razonable suponer que una persona habrá recogido todo un conjunto de problemas sin solución o de anomalías, es decir habrá perdido la confianza en la capacidad de sus conceptos vigentes para resolver estos problemas.
- 2) Una nueva concepción debe ser inteligible. La persona debe ser capaz de captar si el nuevo concepto puede estructurar la experiencia suficientemente como para explorar sus posibilidades inherentes. A menudo los escritores acentúan la importancia de las analogías y las metáforas para favorecer sentidos iniciales a los nuevos conceptos.
- 3) Una nueva concepción debe aparecer como verosímil inicialmente. Cualquier nuevo concepto que se adopte debe, al menos, parecer que tiene la capacidad de resolver problemas generados por sus predecesores, de otro modo no aparecerá como una elección plausible. La verosimilitud es también resultado de la coherencia de los conceptos con otro conocimiento. Una nueva idea en astronomía por ejemplo será menos aceptada si es incoherente con el conocimiento en física o si, sencillamente, no tiene una relación clara con la física.
- 4) Un nuevo concepto debe sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero. Debe ofrecer la posibilidad de extenderse, de abrir nuevas áreas de investigación.

Ligado al proceso de acomodación, los conceptos vigentes y los contextos del alumno ejercerán influencia directa para que se seleccione un nuevo concepto central. El trabajo de Pozo y Gómez (2006), basado en literatura de filosofía de las ciencias, sugiere que los

siguientes tipos de conceptos son particularmente determinantes de la dirección de una acomodación:

- 1) Anomalías: el carácter de los fallos específicos de una idea dada, son una parte importante de la ecología que selecciona su sucesor
- 2) Las analogías y metáforas: pueden servir para sugerir ideas y para hacerlas inteligibles.
- 3) Compromisos epistemológicos:
 - a) Ideales exploratorios: la mayoría de los campos tienen ideas específicas acerca de lo que constituyen explicaciones satisfactorias dentro del mismo.
 - b) Puntos de vista generales acerca del carácter del conocimiento: algunos criterios sobre el conocimiento satisfactorio, tales como la elegancia, la economía, la parsimonia y el no ser ad hoc, parecen ser independientes de la materia específica.

Durante la acomodación, el cambio conceptual surge al interactuar las nuevas concepciones con las concepciones antes existentes, llegando a un cambio de la estructura del conocimiento declarativo existente en el alumno.

También es notable señalar que en el proceso de cambio conceptual las hipótesis que surgen en el alumno son de gran importancia, un ejemplo de esto lo indican Pozo y Gómez (2006), “hay una transición desde aceptar los distintos fenómenos como hechos, (un caramelo se deshace en agua porque es blando o porque está hecho de sustancias solubles) hasta comenzar a relacionarlos con ciertos procesos de causalidad lineal, basados en esquemas simples, unidireccionales, en los que un agente actúa de modo lineal y unidireccional con un objeto produciendo un cambio en su estado (Anderson 1986) (“el caramelo se disuelve por la acción de agua, porque el agua disuelve las moléculas de caramelo”). Estas interpretaciones causales lineales adoptan la forma de ciertos esquemas o reglas simplificadoras, que han sido abundantemente estudiadas no sólo en relación con el pensamiento causal cotidiano sino con las propias reglas del aprendizaje asociativo. Y esto tiene que ver con esquemas de causalidad para estudiar el origen de las concepciones alternativas en los alumnos”.

3.2 Cambio Conceptual en el aula.

Las preconcepciones en el aula tienen un valor pragmático y cultural que hace que su eliminación sea no sólo difícil, sino innecesaria ya que eliminarlas complica la adquisición de nuevos conceptos debido a que el aprendizaje nuevo no se ligaría con ningún concepto anterior y correría el riesgo de desaparecer en poco tiempo.

Por esto no es recomendable que el profesor intente separar las preconcepciones o independizar ambas teorías [la científica y la cotidiana, según la hipótesis de la integración jerárquica citada en Pozo y Gómez, (2006) así como en Gellon (2005)], por el contrario se espera que el profesor trate de conectar el conocimiento científico con las preconcepciones mediante procesos metacognitivos de reflexión sobre las diferencias entre ambas teorías, de forma que puedan ser integradas en distintos niveles de análisis o de complejidad en la interpretación de un problema. Esto implicaría poder analizar un mismo problema desde el punto de vista de teorías diversas, lo cual crearía diferentes niveles de análisis basados en estructuras conceptuales de distinta complejidad. Como las muñecas rusas, las diversas teorías deberían ser susceptibles de encajarse o integrarse unas en otras, de tal modo que existiera una secuencia de construcción necesaria, pero también una integración de unos modelos en otros. Si se piensa que no tiene sentido afirmar que la mecánica Einsteiniana ha sustituido a la mecánica newtoniana, sino más bien que ésta se ha integrado y que de hecho tiene su origen en ella, cabría suponer una relación genética entre teorías de diferente complejidad (o de distinto nivel representacional).

En el caso anterior en lugar de pretender que el alumno abandone su mecánica intuitiva para asumir los modelos de la física newtoniana, se trataría de que logre diferenciar entre ambos modelos o interpretaciones y aprenda a usarlos discriminativamente en función del contexto. También se plantea la posibilidad de que los mecanismos del cambio conceptual sean más sutiles y complejos, dando lugar a una coexistencia de sistemas alternativos de conocimiento dentro del mismo sujeto. Esta idea recuerda a la teoría del aprendizaje situado de Lave y Wenger (2003) donde ellos proponen una variante de estructura adaptativa donde se dice que las estructuras de aprendizajes preexistentes

pueden ser significativamente reconfiguradas en el contexto local de la acción. Esto, puesto en marcha en el aula, se traduciría en enseñar al alumno a utilizar cada teoría en la situación correcta con base en la praxis.

En el aula es importante poner en práctica las teorías tanto como comprobar las hipótesis ya que esto influye directamente en el cambio conceptual, un ejemplo de esto, es que el alumno experimente con fenómenos discrepantes en el aula, esta actividad es útil que él desafíe sus ideas previas con lo que para él “no debería de suceder o debería de ser de otra forma”. Esta idea es una manera de mantener la atención del alumno en la clase y así desafiar las ideas previas que el alumno tenía.

Otra alternativa es movilizar los aprendizajes procedimentales además de la enseñanza declarativa, pues de esta forma se brinda al alumno la oportunidad de comprender sus propias preconcepciones de la realidad y enfrentarlas con resultados que la desafían.

Una manera de desafiar el sentido común del alumno consiste en pedirle que haga predicciones acerca de experimentos. Galleon (1995) explica que “estas predicciones y explicaciones son fruto de la experiencia personal e intuición de los alumnos y es necesario reconocer su existencia -aunque difieran de las explicaciones científicas aceptadas en la actualidad- para luego desafiarlas. Justamente, las explicaciones de los alumnos dan al docente la pauta de por dónde debe empezar a enseñar las ideas consensuadas por la comunidad científica”.

Muchas de estas propuestas de aprendizaje en el aula se guían por un modelo denominado “el ciclo del aprendizaje de Karplus” que consta de 3 fases 1) exploración en solitario, 2) enseñanza explícita de conceptos o principios 3) aplicación de los principios a ejemplos prácticos. Este modelo está asociado a posturas socio-constructivistas, a la teoría de la actividad (praxis), a la autorregulación y a la función pedagógica de la evaluación. Simplificándolo, este es un modelo en cual se aplica el cambio conceptual basándose en las ideas previas que tenía el alumno sobre fenómenos físicos y se reafirma el cambio conceptual en la práctica. Al respecto Langfor (1989) analizó varios textos de Piaget basándose en este ciclo de aprendizaje, encontrando que en la mayoría de ellos no se

valoraban algunas habilidades en los infantes a edad temprana, una de ellas es la habilidad de los niños de definir causalidades. Es así como el autor explica que desde los primeros años de la enseñanza primaria se pueden introducir formas sencillas de explicación causal. Esto ayudaría a que el infante a edad temprana pudiera elaborar modelos mentales (cualitativos) para explicar fenómenos físicos como cosmografía, calor, trabajo, energía, corriente eléctrica y principios de estructura atómica. Este autor señala que las explicaciones a esta edad no son tanto cuantitativas sino cualitativas, los niños podrán hacer predicciones de acuerdo con esto y así, al llegar a la enseñanza secundaria, algunos conceptos quedarían más claros y se podría enseñar cada vez cosas más complejas.

Un obstáculo para enseñar ciencia a edad temprana es falsa idea de que la ciencia es una actividad muy compleja que requiere capacidades intelectuales muy desarrolladas para su comprensión y las teorías del desarrollo cognitivo en los infantes de Piaget alude a que estas habilidades se desarrollan solo hasta llegar a una cierta edad indicando que las capacidades cognitivas para comprender o elaborar hipótesis se desarrollan a una edad avanzada en el infante (aproximadamente 12 años). Pero por el contrario Pozo y Gómez (2006) sostienen que pueden encontrarse precursores cognitivos de esas capacidades a una edad muy temprana, ya que es posible introducir conceptos simples tempranamente para que en el futuro ayuden a que el alumno comprenda cada vez conceptos ligados de mayor complejidad lo que hace parecer que la enseñanza desempeña un papel central, aunque por lo visto, con un éxito limitado en su desarrollo.

Para que la introducción de conceptos a edad temprana se lleve a cabo Lawson (1994) indica que es necesario que el profesor distinga que el alumno por sí solo no puede comprender de manera inicial un nuevo concepto, por lo que se hace necesario para el docente introducir estos conceptos asegurándose de que las observaciones previas de los alumnos puedan reinterpretarse, utilizando el concepto introducido. Esto dependiendo también de la dificultad de cada concepto.

Aunque por otra parte también se puede observar que los conceptos que el alumno aprende a utilizar en ciencias muchas veces no requieren un cambio conceptual profundo. Por ejemplo Jiménez M. P. et al (2003) encontraron que en el aprendizaje de conceptos de biología, hay muchos que no requieren un cambio conceptual profundo; por ejemplo, ser

vivo, animal o célula. Hewson (citado en Jiménez, 2003) designa este fenómeno como captura conceptual ya que se trata de una diferenciación, extensión o ampliación de ideas previas.

3.3 Dificultades en el aula

Hay diversos factores que complican el cambio conceptual en el aula, uno de ellos es la falsa idea que tiene el alumno acerca de la ciencia.

Un ejemplo de este problema se puede observar en la investigación de Lemke (1993) quien describe cómo la mística de la ciencia afecta mucho la disposición para el aprendizaje. Esta investigación indica que es necesario que el alumno separe esos mitos sobre la ciencia, ya que muchas veces la enseñanza de la ciencia tiende a oponer el conocimiento científico al sentido común y debilita la confianza de los alumnos en su propio juicio. Se enseña a los alumnos que existen hechos ante los cuales sencillamente no se puede contra argumentar, evitando que el alumno haga sus propias hipótesis. La manera en que se enseña evita que el alumno encuentre interés. Este interés puede surgir y hacer más fácil la enseñanza de la ciencia, si se construye el aprendizaje de la ciencia sobre los antecedentes de los alumnos, así se enseña al alumno a utilizar su sentido común y extender sus patrones de razonamiento hacia nuevos problemas.

La confrontación de ideas erróneas sobre la ciencia dependerá mucho del profesor, ya que deberá poner en práctica los conocimientos de los alumnos para que se refuerce el aprendizaje adquirido y no se pierda interés por parte de ellos. Una de las fases del cambio conceptual que reafirma esto es la práctica del conocimiento procedimental.

3.4 Aprendizaje de las ciencias en la práctica

La manera en la que podemos reforzar el nuevo conocimiento es en la praxis. El propósito de la actividad es no sólo provocar cambios en el mundo que habitamos, es más que eso. Estos cambios requieren que entendamos el mundo, lo que es posible sólo si lo enfrentamos en la praxis diaria.

Roth (2002) sostiene que se prefiere la acción a una comprensión “reiterada” del tipo nemotécnica. La predilección es hacia una educación científica que no sólo prepara sino que también se involucra en la acción correspondiente. Asimismo dice que la ciencia debe de aplicarse en escenarios de la vida diaria de los cuales la escuela sólo es uno de ellos. Las actividades no únicamente se refieren a las tareas características de la escolarización formal para cumplir metas; pues incorpora las motivaciones en el nivel social, se espera la escolarización como sistema de actividad.

La investigación de Jonassen (2007) sobre las diferencias al resolver los problemas científicos en la educación formal y en la práctica, bien indica que a veces los problemas científicos estructurados en los libros de texto están lejos de elaborar modelos que ayuden al alumno a resolver el mismo problema en otro contexto. En el aula el alumno cuenta con todas las herramientas para resolver los problemas científicos y muy rara vez el alumno se da cuenta que hay dudas o cosas que no llegó a comprender el todo, en cambio cuando el problema científico se lleva a la práctica en un contexto sin estructurar (fuera del aula) probablemente el alumno se dé cuenta de las dudas que surgen al tratar de resolver y se generen hipótesis y nuevas soluciones.

Brown Collins y Duguid (1989) pretenden enfrentarse a las dificultades de aprendizaje de las ciencias en comparación de otros aprendizajes. Para ellos la diferencia se encuentra en el contexto en que se aprende y al hablar de cognición situada quieren subrayar que el conocimiento conceptual no puede abstraerse de las situaciones en las que se aprende y se utiliza. Así las palabras nuevas y sus usos se aprenden a la vez en un contexto de comunicación: de ahí el éxito del proceso. Del mismo modo los aprendices de un oficio aprenden en la práctica, inmersos en la cultura del oficio.

Una de las razones para explicar las dificultades experimentadas por los estudiantes para utilizar el conocimiento científico, es que se les pide que utilicen herramientas de una disciplina sin que hayan adoptado su cultura. La cultura de una comunidad, sea científica, profesión técnica u oficio manual, relaciona los conocimientos teóricos con los conocimientos prácticos y establece cómo usar las herramientas cognitivas, por ejemplo balancear una reacción química, etc.

La dificultad de aprender la ciencia muchas veces tiene que ver con qué no hay una práctica de ella, el lenguaje cotidiano, la ciencia y la cultura pertenecen a dos mundo distintos. “En primera, sería deseable que los conocimientos científicos se considerasen parte de la cultura general; y en segunda que tomando la cultura en la forma que ha sido definida por la antropología moderna, la ciencia es además de otras cosas una forma de cultura”. Jiménez M. P. et al (2003)

La praxis de la ciencia se recomienda que vaya precedida por el conocimiento declarativo de lo que se le quiere enseñar al alumno, para que el alumno al estar ante un problema reflexione y sea capaz de considerar teorías alternativas y preguntarse cuál es la más aceptable, propiciando que el alumno desarrolle sus propias hipótesis.

Lawson (1994) explica la adquisición del lenguaje como el mejor ejemplo de aprendizaje ya que se lleva a cabo con ayuda de la praxis: Vigotsky considera el habla como un aprendizaje social donde el infante aprende palabras y significados y en la práctica aprende a utilizar las palabras de acuerdo con su significado en diferentes contextos. Se pretendería que la ciencia fuera un lenguaje que se enseñara al infante de la misma manera que se enseña a hablar. En pocas palabras que se reconociera como una práctica social.

Al enseñar ciencia el profesor debe considerarla como una práctica social donde el conocimiento del alumno tendrá una interdependencia con la actividad, el significado y el aprendizaje.

Es por esto que Lave (1991) indica que hay una relación entre la cognición y la cultura indicando que estas son centrales para teorizar sobre la continuidad de la practica entre situaciones. Postulando así una transferencia de aprendizaje influida por las relaciones de la cognición y la cultura.

Así al enseñar ciencia se debe tener en cuenta que las preconcepciones (en este caso cogniciones) del alumno tienen una relación con la cultura donde se desarrolla el individuo, se podría tomar en cuenta ambas para mejorar el aprendizaje de la ciencia en la misma práctica cotidiana del alumno. Por ejemplo entender química experimentando con alimentos típicos de su localidad etc. O con fenómenos a los que el alumno está expuesto diariamente en su vida cotidiana.

4. EL LIBRO DE TEXTO COMO HERRAMIENTA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE CIENTÍFICO

4.1 Estrategias de lectura para comprensión textos científicos

En los capítulos anteriores se ha puesto en claro la necesidad de moldear procesos cognitivos para conducir el cambio conceptual. La mayoría de las veces el único instrumento que los maestros utilizan para desarrollar estas habilidades son los libros de texto de ciencias. Pero ¿Cuál es su función real? ¿Facilitan o frenan aun más el aprendizaje?

Como se ha repetido, para que se produzca un aprendizaje significativo en ciencia hace falta que los estudiantes atraviesen un duro proceso de cambio conceptual, para que esto suceda, los estudiantes deben reconocer que el concepto o explicación científica contradice su teoría personal. Necesitan convencerse de que las teorías científicas aportan una alternativa más convincente y poderosa a sus propias nociones. Ya que los estudiantes suelen tener ricos saberes previos acerca de los fenómenos que estudian en ciencias, y que con frecuencia esos saberes entran en conflicto con las explicaciones presentadas en las clases y en los libros de texto de ciencias. La mayoría de las veces los materiales textuales pueden también obstaculizar el cambio conceptual. Ya que muchos de los libros de ciencias contienen preguntas pobres, explicaciones inadecuadas y un exceso de tecnicismos.

Dentro de esto cabe destacar un estudio elaborado por Roth (1991), donde se afirma que los estudiantes pueden aprender de memoria las definiciones y datos de los libros de texto, ya sea sobre el desplazamiento de la luz, o incluso para identificar las partes del ojo. Al aprenderlas de memoria uno puede percatarse que los estudiantes no pueden usar esas definiciones y datos para explicar otros fenómenos cotidianos sobre la luz y la visión, o sea que no se lleva a cabo el cambio conceptual.

En la misma investigación se puso a prueba cómo las estrategias de lectura de los libros de texto de ciencia frenan el cambio conceptual; se observó a estudiantes de escuela intermedia cuando leían en un libro de texto el capítulo referido a la fotosíntesis, y al observarlos se identificaron cuatro estrategias de lectura que no promovían el cambio conceptual. En cada una de esas cuatro estrategias ineficaces, el conocimiento previo incompatible del estudiante jugó un papel decisivo y después de realizada la lectura, los estudiantes siguieron usando sus teorías personales para explicar los fenómenos cotidianos.

En la estrategia 1 estudiantes usan el conocimiento previo para realizar una tarea escolar. En esta tarea los estudiantes generaban respuestas a las preguntas planteadas al final del capítulo. Ignorando lo que el texto decía. Los estudiantes no intentaron captar el significado de las ideas del texto.

La estrategia 2 consistió en apoyarse en las grandes palabras y en los pormenores para realizar una tarea escolar. Los estudiantes sentían que comprendían el texto si podían pronunciar las palabras y copiar las oraciones que contenían esos términos importantes a la hora de responder a los cuestionarios del final del capítulo. Así, el “conocimiento escolar” del texto era algo totalmente separado del mundo real y no se esperaba que tuviera sentido o que se relacionara con los fenómenos cotidianos.

La estrategia 3 se refería a apoyarse en verdades no relacionadas para “aprender” ciencias. En este caso los estudiantes colocaron demasiado énfasis en los datos del libro, viendo el aprendizaje de las ciencias como la adquisición de una larga lista de datos acerca de los fenómenos naturales. Solo memorizaban información desconectada pero no la aplicaban al mundo real.

En la estrategia 4 se apoyaban en el conocimiento previo para dar sentido a las explicaciones del texto. Otro grupo de estudiantes trató de extraer un sentido del texto e integrar las ideas del libro con lo que ya se sabía de las plantas. Este grupo usó la estrategia de vincular los conocimientos previos con los conocimientos del texto, que es crítica para un aprendizaje de cambio conceptual. Sin embargo, dado que su conocimiento del mundo real por lo general se contradecía con el contenido del texto, esos estudiantes distorsionaron

o ignoraron algunas de las informaciones del texto para adaptarlas a su saber anterior. Su expectativa era que el texto confirmara lo que ellos sabían.

Se llegó a la conclusión que de que once de cada doce estudiantes que leyeron el libro de ciencias y usaron estas estrategias. Estos estudiantes no extrajeron un sentido de las ideas centrales presentadas y mantuvieron sus ideas personales sobre la fotosíntesis. La constatación del estudio fue que para esos estudiantes la reconstrucción del sentido no era un objetivo de la lectura de libros de ciencias; les bastaba con poder completar exitosamente la tarea escolar que consistía en dar respuesta a las preguntas del final del texto.

La propuesta de esa investigación para que al leer libros de ciencias se produzca la transformación de conceptos esperada fue la elaboración un texto experimental acerca de la fotosíntesis. El texto cuestionaba las ideas vivenciales del alumno y propiciaba la integración de los conceptos presentados en el texto con sus propias ideas. Los alumnos en esta estrategia leyeron el texto con el objetivo de extraer el significado de las ideas del texto y no meramente para realizar la tarea encomendada.

Esto nos indica que el empleo exitoso de la estrategia de cambio conceptual en libros de ciencia exige cambios cognitivos y metacognitivos en el proceso de reconstruir el sentido del material textual. Esta estrategia sería una buena herramienta en el aula para conseguir el aprendizaje significativo esperado.

En estas línea de investigaciones acerca de los libros de texto de ciencias y el cambio conceptual en el alumno Pozo y Gómez (2006) explican que “en la educación secundaria el problema de que los estudiantes apliquen las estrategias antes citadas para leer textos escolares y elaborar las tareas es que muchas de las veces saben hacer cosas como formulas físicas, balanceo de reacciones químicas pero no entienden lo que hacen y consiguientemente no logran explicarlas ni aplicarlas a nuevas situaciones”.

Estos autores indican que en secundaria las dificultades del aprendizaje básicamente son cuatro:

- 1- Escasa generalización de los procedimientos adquiridos a otros contextos nuevos. Esto quiere decir que en cuanto al formato o contenido conceptual del problema cambia, los alumnos se sienten incapaces de aplicar a esa nueva situación los conceptos memorizados.
- 2- El escaso significado que tiene el resultado obtenido para los alumnos. Por lo general aparecen superpuestos dos problemas, el de las ciencias y el de las matemáticas muchas de las veces este último enmascara el primero. Los alumnos se limitan a buscar la fórmula matemática y llegar a un resultado numérico, olvidando el problema de ciencias. Aplican ciegamente algún algoritmo o un modelo de “problema” sin comprender lo que hacen.
- 3- Escaso control metacognitivo alcanzado por los alumnos sobre sus propios procesos de solución. En este caso el alumno apenas se fija en el proceso, sólo le interesa el resultado que es lo que suele evaluarse.
- 4- El escaso interés que esos problemas despiertan en los alumnos cuando las herramientas para el aprendizaje se utilizan de forma masiva y descontextualizada, reduciendo su motivación para el aprendizaje de la ciencia.

Es importante tenerlos en cuenta las conclusiones de Pozo y Gómez (2006) ya que el cambio conceptual a nivel de educación secundaria es indispensable para el aprendizaje de las ciencias y al encontrar dificultades se puede frenar el aprendizaje significativo, sobre todo cuando pretende mejorar las herramientas como los libros de texto y mejorar las estrategias de lectura para utilizarlos.

En países desarrollados esto ya se había expuesto con anterioridad. En un artículo acerca de la convención de la UNESCO (1975) sobre la utilización de los medios de comunicación para el aprendizaje de la ciencia se hicieron la siguiente pregunta: ¿qué ocurre si la tecnología educativa no es sino algo que hay que leer? ¿Cómo crear un medio de aportar las novedades de la ciencia a los países en vías de desarrollo, donde no existe una infraestructura de la ciencia y la tecnología? La respuesta a esto la brinda el mismo artículo con una técnica sencilla y barata que estaba representada por lo que los británicos llaman “radio de vapor” (steam radio).

Lo que proponían era un programa de radio. Y a partir de las transmisiones educativas que se hicieron como prueba, surgió un libro de texto de ciencias destinado a los niños de la escuela primaria con los que se utilizaba la radio, esto servía como medio de hacer llegar ciencia al aula. El British Council (que financio el programa de radio) ofreció dinero para que en Kenia (lugar donde se implementó este método) se imprimieran unos folletos que servirán para acompañar a los programas de radio. Esta clase de material es importante, porque los niños tienen algo que mirar cuando escuchan la radio de modo que los ojos y los oídos trabajan juntos. Esto ha llevado a la técnica conocida como visión radiofónica, según la cual una secuencia visual va acompañada de un programa de radio. Esta técnica antes descrita implementa estímulos auditivos y visuales facilitando la retención de la información con imágenes mentales.

Por otro lado es necesario saber que la mayoría de las veces la estructura tradicional de los libros de texto no siempre es el problema, a veces el problema es que no se comprenden por no saberlos ocupar correctamente. Dentro de esto, se encuentra la investigación acerca de la comprensión lectora que elaboró Baumann (2001) donde, a base de observaciones de lectores novatos y experimentados, elaboró métodos para la comprensión de información en textos. Encontró que el lector experto utiliza la idea principal de un texto como clave para ir hilando las relaciones entre las ideas del párrafo, situando así las ideas concretas ya que no todos los datos pueden situarse en el mismo plano de importancia. La detección de la idea principal en los párrafos radicaba en la familiaridad del significado de las palabras que ayudaba en la interacción entre aprendizaje y conocimiento previo, de tal manera que el lector elabora una organización en las ideas del texto logrando así la abstracción de las ideas. Por el contrario, el lector inexperto se quedaba sólo con el conocimiento declarativo sin poder transportar ese conocimiento a otros contextos, en el texto le daba más importancia a la información ejemplificada. Los lectores inexpertos no jerarquizaban las ideas ni las conectaban.

Esta propuesta es relevante ya que en los libros de texto científicos la comprensión de las ideas es crucial para el aprendizaje, y la conexión de ideas del texto con el conocimiento previo del alumno facilita el cambio conceptual logrando así que lo aprendido se pueda transportar a cualquier otra situación o contexto.

Este tipo de propuestas, al implementarlas en el aula a nivel secundaria, mejorarían notablemente el nivel de aprendizaje del alumno; la mejora de las herramientas como libros de texto científicos, así como las estrategias para usarlos ayudarían a elevar el aprendizaje significativo. Ya que las estrategias de lectura son definitivas para asegurar el entendimiento de las teorías.

Es así como un prototipo de libro de texto que tomara en cuenta las preconcepciones del alumno desafiándolas para explicar nuevos conceptos, y que a su vez ejercitara este nuevo conocimiento con la práctica de experimentos con elementos de la cultura y vida cotidiana del alumno, ayudarían significativamente al cambio conceptual esperado. Ya que abarcaría los procesos cognitivos de conocimiento declarativo, procedimental, la práctica del nuevo conocimiento y tomaría en cuenta el contexto donde se desarrolla el alumno.

4.2 Análisis de las estrategias usadas en los libros de texto para el cambio conceptual

Dentro de esto para hacer un análisis de las estrategias que contienen los libros para propiciar el aprendizaje significativo es necesario tener en cuenta lo que propone Koba (2009) acerca de la enseñanza de conceptos en biología en educación secundaria, en esta investigación organizan el proceso de cambio conceptual en seis fases:

1. Conocer las preconcepciones en el alumno.
2. Alentar el surgimiento de preconcepciones (hipótesis).
3. Percibir, incrementar y organizar la información del alumno.
4. Conectar la información del alumno con el conocimiento científico.
5. Extender, ampliar la información.
6. Propiciar la evaluación y autoevaluación.

Para conducir el análisis de los libros de texto, analizaremos el concepto de fotosíntesis por ser un tema muy general y conceptualmente complejo. Es difícil para los estudiantes visualizar el proceso porque es abstracto y se lleva a cabo a nivel microscópico.

Teniendo en cuenta estas fases y las técnicas de comprensión de lectura antes citadas, a continuación se analizarán las estrategias que deben contener los libros de texto para desencadenar y conducir el aprendizaje significativo de conceptos biológicos. Para esto citaremos algunos de los ejercicios de dos libros de texto de secundaria en el apartado de fotosíntesis.

4.2.1 Análisis Libro de Texto 1*

El apartado a analizar será “valoración de la importancia de la fotosíntesis como proceso de transformación de energía y como base de las cadenas alimentarias”.

En primer término, se observa que el libro aborda el concepto de fotosíntesis ligado al de la nutrición y empieza mostrando al alumno los propósitos del subtema que son:

“Al final de este subtema podrás explicar el proceso químico general de la fotosíntesis mediante modelos, reconocer la importancia de la fotosíntesis como base de la cadena alimentaria, identificar la relación entre la fotosíntesis y las estructuras celulares donde se lleva a cabo: los cloroplastos”.

Posteriormente proponen una lluvia de ideas, a partir de cuatro preguntas:

- 1- *¿Cuál creen que sea el elemento clave para el desarrollo de la vida?*
- 2- *¿Dónde piensas que se lleva a cabo los intercambios de gases necesarios para la vida en la tierra?*
- 3- *¿Qué ocurriría si el planeta permaneciera en completa oscuridad?*
- 4- *¿Por qué son importantes las plantas?*

Al analizar la información que se muestra en el libro sobre del proceso de fotosíntesis, se pudo observar que la lluvia de ideas puede ser un buen ejercicio para que el alumno evoque sus preconcepciones como lo indica la fase I de Koba (2009) pero las preguntas nunca se conectan de manera directa con la información del libro. Como resultado, la

* López R., Tavizón F., (2008) Ciencias 1. Biología. Editorial Trillas.
Tomado de la lista de libros de texto autorizado por la Secretaría de Educación Pública.

información de la lluvia de ideas queda separada del texto y las preguntas no propician que surjan más conexiones, inquietudes o dudas en el alumno. La redacción de las preguntas del ejercicio de lluvia de ideas no precisa a qué se refiere la palabra “elemento”: ¿se trata de un elemento químico o de compuesto de elementos como el agua?. Asimismo, se da por hecho que el alumno sabe qué significa la expresión “intercambio de gases”.

Se encontraron en el texto palabras complejas cuyo significado no se explica al alumno. Un ejemplo es “celulosa” y “proceso bioquímico”, que se mencionan al principio del tema y no se vuelven a mencionar ni a conectar con la información del texto; esto sugiere que el alumno habrá de memorizar palabras que no comprenderá, que no conectará con el sentido del texto, y al final la información se perderá.

Una característica favorable es que la exposición del tema se apoya con gráficos del proceso de fotosíntesis que, a manera de imágenes mentales, el alumno puede conectar con la descripción del texto.

También al final del tema se propone un experimento donde el alumno puede identificar los cloroplastos en una planta a través de microscopio. Esta actividad puede propiciar la inquietud por investigar y, de esta manera, generar nuevas preguntas e hipótesis capaces de cuestionar las concepciones iniciales del alumno. Sin embargo, al final de este experimento se formulan preguntas que no se ligan a la información del texto; sólo dirigen la observación de los efectos esperados en el experimento.

Como tal, la información del libro es completa pero no fomenta la reflexión en el alumno y tampoco interroga su relación con los objetos y fenómenos de su entorno o con las creencias y percepciones anteriores a la clase.

Al final del apartado se encuentra una “autoevaluación” que no propicia un diálogo constructivo –en términos de Koba, el “diálogo socrático”. para que el alumno pueda reconocer qué fue lo que aprendió en la lección, sino que formula cuatro preguntas dispersas en las que salta de un tema a otro, sin conexión y sin evaluar si hubo un cambio conceptual. Las preguntas de la “autoevaluación” son las siguientes:

- 1- *Las plantas son el primer eslabón de la cadena alimentaria ¿Qué sucedería si, por algún motivo, nuestro planeta se quedara sin plantas? ¿Se podrían sustituir?*
- 2- *Las hojas son los órganos de respiración de las plantas. ¿Qué sucede con una planta que en el otoño pierde las hojas?*
- 3- *¿Cómo respiran las plantas?*
- 4- *Lee lo siguiente: Las plantas nos proporcionan oxígeno, abrigo, sombra, alimento, combustible, medicinas y vivienda. Considerando esta frase, argumenta: ¿para qué y cómo podemos evitar el consumo y tala excesiva de arboles?*

Como se observa, la “autoevaluación” no permite contrastar los saberes del alumno antes y después de la lección, aún en el caso de que su misión fuera evaluar si el alumno es capaz de realizar los propósitos que se marcan al principio del tema.

Tampoco permite saber si surgieron nuevas preguntas en el alumno a partir del trabajo con la lección. No se fomenta a que el alumno investigue, extienda o amplie la información de la lección.

4.2.2 Análisis de libro de texto 2 **

El tratamiento del concepto fotosíntesis se desarrolla en la lección “Valoración de la fotosíntesis como proceso de transformación de energía y como base de las cadenas alimentarias”

El texto inicia con apartado donde transcribe los aprendizajes esperados:

- 1- *El alumno explica el proceso general de la fotosíntesis mediante modelos.*
- 2- *Identifica la relación entre la fotosíntesis y estructuras celulares donde se lleva a cabo*
- 3- *Reconoce la importancia de la fotosíntesis como base de las cadenas alimentarias.*

** Cota, E., Martínez L. Ciencias 1. Biología. Editorial Trillas.

Tomado de la lista de libros de texto autorizado por la Secretaría de Educación Pública

Después de esto se formula una pregunta para que el alumno recuerde lo que ha aprendido con anterioridad, respecto del tema: *¿De dónde obtienen su alimento las plantas?*

Como tal, esta pregunta apunta a la recuperación de preconcepciones acerca de la fotosíntesis y permite explorar si los alumnos tuvieron oportunidad de aprender el tema con anterioridad. En este sentido, la pregunta podría establecer una conexión con la nueva información que se quiere enseñar.

Posteriormente se explica el proceso y la importancia de la fotosíntesis. El primer apartado de la exposición se inicia con una pregunta: *¿Por qué son verdes las hojas de las plantas?* Esta pregunta conecta información de lecciones anteriores en el texto, con lo que el alumno percibe con sus sentidos, pero no la amplía; la pregunta queda aislada y no presenta continuidad.

Al final de la lección aparece el mismo experimento que el libro anterior, analizar en el microscopio los cloroplastos de una planta. La actividad termina con una invitación para que el alumno concluya y discuta lo que observó. Esta actividad puede alentar el dialogo socrático a fin de que el alumno pueda reformular sus concepciones iniciales mediante la contrastación de al discutir con sus compañeros. La actividad también puede favorecer la autoevaluación de qué tanto aprendió en la lección, tal y como lo indican las fases 5 y 6 de Koba (2009).

No obstante, la sección “Autoevaluación de la actividad” se resuelve con dos preguntas: *¿Qué forma tienen los cloroplastos? Y ¿Qué importancia tendrá colocar la Elodia (planta del experimento) en un acuario?*

Como tal, estas dos preguntas no permiten evaluar si se produjo el cambio conceptual a través de la actividad, tampoco permite saber si se lograron los aprendizajes esperados. En ningún momento se facilita la articulación de la información de la lección con un contexto de la vida diaria.

Ambos análisis, aunque breves, revelan que los libros no toman en cuenta las preconcepciones del alumno, no las ligan con la información del libro; tampoco organizan

la información que el alumno tenía, y al aplicar la observación en el laboratorio, la aíslan del contexto real donde ocurre el fenómeno de la fotosíntesis.

Un texto que realmente apoye los procesos de cambio conceptual indispensables para el aprendizaje de las ciencias, debería proponer secuencias de actividades consistentes con un modelo didáctico probado capaz de articular rutinas interesantes en sí mismas con el desarrollo del pensamiento crítico, la investigación, el uso de diversas estrategias de lectura, y, sobre todo, la recreación del pensamiento en múltiples situaciones de discusión. Sin pretender ser exhaustivos, estos elementos podrían propiciar el aprendizaje significativo de las ciencias.

5. Conclusiones

Es notable dentro de esta investigación la importancia de los procesos cognitivos, tales como el cambio conceptual, conocerlos sirve de estrategia para facilitar el aprendizaje de las ciencias y así la comprensión de textos científicos en el adolescente.

Es necesario saber como ocurre el cambio conceptual, ya que el alumno de secundaria no es una hoja en blanco, es una persona que tiene saberes previos sobre su entorno, así como hipótesis que cambian día con día de acuerdo con la experiencia; de estos saberes previos los alumnos no pueden desprenderse de un momento a otro, es por esto que el cambio conceptual es el proceso donde interactúan las nuevas concepciones con las concepciones antes existentes, para que se genere un intercambio entre estas, de esta manera es más fácil que el alumno comprenda lo que se le enseña.

El texto científico debe propiciar este cambio ya que si no se toma en cuenta es probable que el texto no sea comprendido.

Las explicaciones pobres en los textos sobre fenómenos de ciencia obstaculizan que las ideas del alumno entren en discusión con el saber científico, si el alumno no relaciona el nuevo conocimiento con algún saber previo, este conocimiento nuevo se pierde.

Se espera que un texto científico contenga ideas que se puedan conectar con saberes previos, facilitaría el almacenamiento del nuevo conocimiento en la memoria del alumno y perduraría a largo plazo. Es por esto que el texto debe propiciar el intercambio conceptual donde el estudiante aprenda cosas que no sabía, haciendo conexiones con cosas que ya conocía.

El texto también debe propiciar que el alumno aplique lo aprendido a su vida cotidiana, de esta forma también se moldea el conocimiento procedimental y así el alumno aprende en la práctica. Con esto, el libro de texto buscaría que el alumno de secundaria elabore hipótesis y las resuelva en la práctica, propiciando el aprendizaje significativo.

Un aspecto que frena la comprensión de los textos científicos son las estrategias que el alumno utilice para leerlos, estas van relacionadas con la estructura del texto, ya que si el texto no propicia el cambio conceptual, los alumnos empiezan a seguir una serie de estrategias que hacen pensar al profesor que han comprendido lo leído, pero en realidad se limitan a poder completar exitosamente la tarea escolar que muchas de las veces consiste en dar respuesta a las preguntas del final del texto.

Es por esto que el texto debe de fijarse un objetivo que en este caso sería la reconstrucción del sentido de la lectura de libros de ciencias. Para que la lectura de ciencias deje de ser un requisito para hacer resúmenes etc. y empecé a tomar un sentido de lectura con aprendizaje significativo.

El libro también debe propiciar el cambio conceptual en la práctica evitando las preguntas (muchas veces incomprendidas por los alumnos) al final de los textos.

El libro de texto debe cuestionar las ideas vivenciales del alumno para que así suceda la integración de los conceptos presentados en el texto con las ideas del alumno, también debe propiciar que el alumno sea capaz de explicar el tema con sus propias palabras y así evitar la memorización de tecnicismos que después no comprenda.

Como se pudo observar muchos libros de texto en México con cuentan con estas características, en el capítulo 4 se realizó un análisis de dos libros, en este se pudo llegar a la conclusión de que los libros de texto de ciencias que se les da a los jóvenes estudiantes de secundaria no contienen elementos para llegar al cambio conceptual en el alumno ya que usan tecnicismos que no se explican de una forma simple al alumno, tampoco fijan el objetivo en la lectura para el alumno, simplemente se limitan al objetivo del programa que la SEP les impone, sin sugerir al alumno un objetivo propio de la lectura.

También se encontró que los libros no propician preconcepciones en el alumno; es adecuado tomar en cuenta las preconcepciones como un punto fundamental para explicar partir de ahí el tema que se está exponiendo en el texto. Al no tomar en cuenta las preconcepciones se frena la aparición de hipótesis que son fundamentales para desarrollar el pensamiento científico en el alumno.

Es necesario introducir conceptos ligados a preconcepciones a edad temprana así es más fácil que el alumno comprenda cada vez conceptos de mayor complejidad y al llegar a secundaria se propicie con facilidad el cambio conceptual.

Es necesario que para que el libro de texto sea una herramienta que ayude a moldear los procesos cognitivos en el alumno se ponga énfasis en los puntos encontrados para que el alumno con la guía del maestro y el libro ejerza las estrategias de lectura que propicien el cambio conceptual y se llegue a la comprensión de conceptos científicos. De esta forma el alumno podrá comprender mejor estas áreas de estudio y se infiere que el nivel académico subirá de nivel ya que el nivel de abstracción será mayor.

De acuerdo como lo cuestiona Ziman (1985) “es verdad que a veces, es muy difícil explicar para qué es la educación científica y como debería de enseñarse”(p.10). Lo que se plantea en este trabajo es que se necesita una dinámica educativa en la que se estimule a los alumnos que están aprendiendo ciencia a aprender con técnicas de lectura que propicien el entendimiento de lo que leen en especial de asignaturas que necesitan un grado de razonamiento abstracto como lo son la biología, física y química.

Es por esto que la conclusión de este trabajo sugiere que los conocimientos de ciencia de los que se hablan en los libros se toquen con de una forma que el alumno pueda explicar el tema en un contexto real, que se le explique al alumno que son temas que sirven en la vida cotidiana. Por ejemplo que sepan que nuestra civilización se basa tanto en la física, para explicar los procesos de la energía y de la electricidad, como en la química para explicar la composición del acero o del polietileno, o como los conocimientos de biología que nos permiten disponer de anticonceptivos y antibióticos. La educación científica en los primeros años de la escuela secundaria es para la mayoría la fuente principal de este conocimiento.

Es por esto que en la educación secundaria es necesario poner en contacto al alumno con hipótesis causales, con fenómenos discrepantes, etc. Así esto despertará su interés y lo incitará a hacer preguntas y tratar de adecuar este nuevo conocimiento a su vida cotidiana,

así el alumno será capaz de contestar preguntas comunes, por ejemplo ¿por que llueve? De una forma científica.

De acuerdo con lo anterior se requiere hacer de la ciencia un conocimiento general, ya que en nuestra civilización la explicación de las cosas que hacemos cotidianamente depende de este conocimiento y por esta razón es desconcertante la ignorancia de la gente sobre cosas comunes. Es por eso que el propósito fundamental de la educación en general debe ser el de propiciar un aprendizaje significativo, para que este aprendizaje ocupe un lugar en la vida diaria del alumno. Es obvio que la ciencia es un componente fundamental de la vida diaria.

6. BIBLIOGRAFÍA

Atkinson, R. y Shiffrin, R. (1968) *Human memory: a proposed system and the control process. The Psychology of learning and motivation.*

Baumann, J. F. (2001) *La comprensión lectora. Como trabajar la idea principal en el aula.* Madrid: A Machado libros.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). *Situated cognition and the culture of learning.* American Educational Research Association. (En red). Disponible en: <http://people.ucsc.edu/~gwells/Files/Courses Folder/ED%20261%20Papers/Situated%20Cognition.pdf>

Cohen, G. (1983) *Psicología cognitiva.* España: Editorial Alhambra.

Cota, E., Martínez L. (2004) *Ciencias I. Biología.* México: Trillas.

Eisner, W. E. (1987) *Procesos cognitivos y currículum.* España: Martínez Roca.

Driver, R. (1992) *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia.* Madrid: Morata.

Gagné, E. (2004) *Psicología cognitiva del aprendizaje escolar.* Editorial Machado

Gellon, G. (2005) *La ciencia en el aula lo que nos dice la ciencia de cómo enseñarla.* Buenos Aires: Paidós.

Guzzetti, B., Hynd C. (1998) *Perspectives on conceptual change, multiple ways to understand knowing and learning in a complex world.* London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Hewson, P. W. (1992) “*Conceptual change in science teaching and teacher education*”. Paper presented at a meeting on “Research and Curriculum Development in Science Teaching,” Madrid: Spain

Jiménez, M. P., Caamaño A., Onorbe, A. & Pedrinaci E. (2003) *Enseñar ciencias.* España: GRAO.

Jonassen, D. H. (2007) *Learning to solve complex scientific problems.* New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Koba, S. (2009) *Hard to teach biology concepts: a framework to deepen student understanding.* United States Of America: NSTA press.

- Lave, J. (1991) *La cognición en la práctica*. Barcelona: Paidós.
- Lave, J. Wegner, E. (2003) *Aprendizaje situado*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Fes Iztacala.
- Lawson, A.E. (1994). “Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales”. Enseñanza de las ciencias 12 (2), 165-187.
- Lemke, J. L. (1993). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- Langfor, P. (1989) *El desarrollo del pensamiento conceptual en la escuela primaria*. Barcelona: Paidós.
- Lopez, R., Tavizon, F. & Thomae, B., (2008) *Ciencias 1. Biología*: Trillas.
- Ministerio de Educación y Ciencia. Instituto de Evaluación. (2000). *PISA 2000 Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE. Informe Español*. Madrid: Autor. Recuperado el 24 de noviembre de 2009, de: <http://www.institutodeevaluacion.mec.es/contenidos/internacional/pisainforme2006.pdf> y http://www.inee.edu.mx/images/stories/Publicaciones/Estudios_internacionales/PISA2000_2003/Partes/informepisa05.pdf
- Phelps, K., Woolley, J. (1994) “the form and fuction of young children’s magical beliefs”. Depelomental Psychology. 30. (3), 385-394.
- Posner, G.J., Strike, K, Hewson, P.W. & Gertzog, W. (2000) Acomodación de un concepto científico: hacia una teoría del cambio conceptual. En Porlán, R., García, E. & Cañal, P. (Eds.), *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*. Sevilla: Diada.
- Pozo, J. (2007) *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje de la ciencia*. España: Machado.
- Pozo, J., Gómez, C., (2006) *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Roth, K., J. (1991) Leer los textos de ciencias en busca del cambio conceptual. En: Minnick, S. et al (Eds) *Una didáctica de las ciencias. Procesos y aplicaciones*. Buenos Aires: Aique.
- Roth, W. (2002) “Aprender ciencias en y para la comunidad”. Enseñanza de las ciencias, 20 (2), 195-2008.

Treagust, D. F. (2006) Conceptual change as a viable approach to understanding student learning in science. En: T. Kenneth (Ed.), *Teaching and learning science*. (25-32) London. Praeger.

UNESCO. (1995) *Nueva tecnología en la enseñanza de las ciencias*. Barcelona: Teide.

Ziman, J., (1985) *Enseñanza y aprendizaje sobre la ciencia y sociedad*. México: Fondo de cultura económica.