



UNIVERSITAT DE BARCELONA

U

B

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS  
EXPERIMENTALES Y LA MATEMÁTICA**

**FACULTAD DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO**

**TESIS DOCTORAL**

**“CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DEL APRENDIZAJE DE  
LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES EN LA EDUCACIÓN  
INFANTIL: CAMBIO CONCEPTUAL Y CONSTRUCCIÓN  
DE MODELOS CIENTÍFICOS PRECURSORES”**

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL GRADO DE DOCTOR EN  
DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y LA MATEMÁTICA  
POR LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA, DEPARTAMENTO DE  
DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y LA MATEMÁTICA.**

**LA DOCTORANDA**

**SABRINA PATRICIA CANEDO IBARRA**

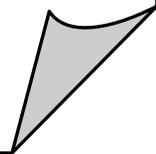
**LOS DIRECTORES DE LA TESIS**

**DR. JOSEP CASTELLÓ ESCANDELL    DRA. PALOMA GARCÍA WEHRLE**

**BARCELONA, ABRIL DEL 2009.**

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**





## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo se exponen los diferentes aspectos teóricos en los que se ha sustentado la investigación. Por una parte se presentan los aspectos teóricos del currículum considerando sus fundamentos y características, su concepto y función, así como las fuentes u orientaciones teóricas que lo sustentan. De la misma forma se exponen dos perspectivas para analizar el currículo: la de Pansza (1993) y la de Posner (1998). Por otra parte, se exponen algunas de las perspectivas teóricas en las que actualmente se fundamenta la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en general, y la Educación Infantil en particular, y en base a las cuales se ha desarrollado nuestro estudio y se han discutido los resultados obtenidos.

#### **2.1. Aspectos teóricos del currículo**

En la práctica docente inciden muchos factores y en la teoría de la enseñanza se refleja el tratamiento interdisciplinar de todas aquellas ciencias que colaboran para una mejor comprensión del proceso de enseñanza-aprendizaje. El currículum es, por tanto, el marco que fundamenta científicamente la acción en el aula. Las actividades educativas escolares se han de caracterizar por su intencionalidad explícita y su planificación sistemática, por esta razón, la función primera del diseño curricular debe ser explicitar el proyecto educativo concretando las intenciones que persigue y el plan previsto para alcanzarlas.

Se establece que en los diseños curriculares, planes o programas de estudio se determinan las intenciones educativas a través de los objetivos de aprendizaje especificados y que la concreción de estas intenciones se hará a través de diferentes fuentes o vías de acceso. Toda propuesta curricular debe tener una fundamentación sociológica, psicopedagógica y epistemológica que sustente estas intenciones educativas. Así, el enfoque de esta fundamentación se traduce en la selección de objetivos y contenidos de aprendizaje, y en la forma en la que se organizarán, abordarán y evaluarán dichos contenidos (Coll, 1991). Es en este sentido que resulta importante identificar cuáles son los fundamentos en los que se basan las intenciones educativas y de qué manera se concretizarán en el aula. El análisis de las propuestas curriculares a

través de los contenidos, las actividades de aprendizaje y su evaluación nos permite realizar esta tarea.

### **2.1.1. Fundamentos y características del currículo**

En esta sección se discuten los diferentes conceptos de currículo, sus fuentes teóricas y los diferentes modelos curriculares que proponen algunos autores.

#### **2.1.1.1. Concepto y función del currículo**

El término currículo ha tenido numerosas acepciones y por ello numerosas definiciones. Algunos autores lo definen como un término polisémico que se usa indistintamente para referirse a planes de estudio, programas e incluso implementación didáctica (Pansza, 1993), aunque la mayoría coinciden en que subyace la idea de planificación en cuanto previsión anticipada. Cada una de estas diferentes concepciones acerca del currículo responde, a su vez, a una determinada idea de lo que es la enseñanza escolar (Antúnez, S. et al., 2001). El currículo puede considerarse como un conjunto de conocimientos que hay que transmitir al alumnado, partiendo de la base de que los conocimientos son algo permanente y esencial que la escuela debe transmitir mediante las disciplinas. En esta concepción se valora, sobre todo, el conocimiento en función del cual actúan alumnos y profesores. Desde otro punto de vista, el currículo se entiende, básicamente, como una especificación de los resultados que se pretenden conseguir mediante el proceso educativo. En este punto de vista se considera el currículo como una formulación de objetivos de aprendizaje expresados en forma de comportamientos específicos que el alumno tendrá que alcanzar. Esta es una perspectiva tecnológica donde lo que importa es el producto final, el comportamiento a manifestar. Una concepción muy diferente es la que considera que el currículo es todo aquello que los alumnos aprenden realmente en la escuela, incluyendo aquellos aprendizajes que se producen sin intencionalidad por parte del docente, lo que desde otras perspectivas se ha llamado “currículo oculto” (Coll, 1991).

Siguiendo a Coll (1991), el currículo es el proyecto educativo que incluye tanto los aspectos curriculares en sentido limitado (objetivos y contenidos), como los aspectos instruccionales (relativos a cómo enseñar), distinguiendo entre lo que es el plan o diseño

curricular de lo que es su desarrollo o aplicación en las aulas. Para este autor, en el currículo se concretan una serie de principios (ideológicos, psicológicos, pedagógicos) que en conjunto muestran la orientación general del sistema educativo y, por tanto, la primera función del currículo es la de especificar el proyecto o intenciones y el plan de acción que preside a las actividades escolares, y, como proyecto, el currículo es un instrumento útil para orientar la práctica pedagógica.

### **2.1.1.2. Fuentes del currículo**

Todo currículo se fundamenta en una serie de informaciones teóricas procedentes de campos como la Sociología de la Educación, la Psicología, las Ciencias de la Educación y las Ciencias Experimentales, entre otros. Coll (1991) se refiere a las fuentes del currículo como a la información necesaria para precisar las intenciones (objetivos y contenidos) y el plan de acción a seguir en la educación escolar, y es en las fuentes donde encontramos la información precisa para elaborar el currículo. Suelen destacarse cuatro tipos de fuentes del currículo, cada una de las cuales realiza una aportación y proporciona una información específica: *Fuente sociológica*, *Fuente psicológica*, *Fuente pedagógica* y *Fuente epistemológica*. Sin embargo, tradicionalmente se ha dado prioridad a una de las fuentes de información posibles sobre todas las otras siguiendo modas más o menos pasajeras, o adoptando puntos de vista reduccionistas. Tyler (1949) señala que, en lo que concierne a los puntos que pueden proporcionar información para seleccionar “sabiamente” los objetivos, existe una fuerte discrepancia entre tres posturas: la “progresista”, la “esencialista” y la “sociologista”. La “progresista” destaca la importancia de estudiar al niño con el fin de descubrir sus intereses, sus problemas, sus propósitos y sus necesidades, siendo ésta la información básica para seleccionar los objetivos (fuentes psicológicas). Los “esencialistas”, por su parte, consideran que los objetivos deben extraerse de un análisis de la estructura interna de los contenidos de la enseñanza, de las áreas de conocimiento (fuentes epistemológicas). Los “sociólogos” tienden a situar la fuente de información principal para seleccionar los objetivos en el análisis de la sociedad, de sus problemas, de sus necesidades y de sus características (fuentes sociológicas). Este autor menciona que las tres posturas aportan informaciones necesarias, pero ninguna de ellas por sí sola es suficiente.

*a) La Fuente sociológica*

La orientación sociológica se refiere a las intenciones educativas basadas en las demandas sociales y culturales, y que se traducen en contenidos de aprendizaje que contribuyen al proceso de socialización de los alumnos y alumnas, y a la asimilación de los saberes sociales y del patrimonio cultural de una sociedad (Carrasco, J. B., 1997). Esta orientación permite, entre otras cosas, determinar las formas culturales o contenidos (conocimientos, valores, destrezas, normas, etc.), cuya asimilación es necesaria para que el alumno pueda devenir en un miembro activo y agente de creación cultural (Coll, 1991). En este sentido, las intenciones educativas serán los objetivos de la enseñanza y, en situaciones concretas, las capacidades a alcanzar por los alumnos y alumnas como consecuencia de la intervención educativa al finalizar una etapa de su formación (Carrasco, J. B., 1997).

*b) La Fuente psicológica*

La fuente psicológica del currículo está relacionada con la interpretación acerca de los procesos de desarrollo y de aprendizaje de los alumnos, lo que ha generado distintas tendencias pedagógicas en cuanto a la forma de abordar el currículo en su plano procesal práctico. El análisis psicológico aporta informaciones sobre los factores y procesos que intervienen en el crecimiento personal del alumno, ayudando de este modo a planificar de forma más eficaz la acción pedagógica (Coll, 1991). El conocimiento de los aspectos que rigen el aprendizaje y los procesos cognitivos en los seres humanos proporciona un marco indispensable acerca de las oportunidades y modos de la enseñanza. Y, por tanto, ayuda a determinar los elementos básicos del proceso de enseñanza-aprendizaje en lo relativo a cómo aprenden los estudiantes, qué tipos de aprendizajes se deben fomentar, cómo motivar a los alumnos, cómo descubrir sus intereses y capacidades (Carrasco, J. B., 1997).

*c) La Fuente pedagógica*

La fuente pedagógica integra tanto la conceptualización del proceso de enseñanza-aprendizaje a nivel teórico, como la experiencia del maestro basada en su práctica docente cotidiana. Ambos aportan elementos imprescindibles para la

elaboración del currículo. El proceso de enseñanza-aprendizaje es una práctica social sustentada en ideas, posiciones, conocimientos, sentimientos, pensamientos y creencias de los maestros, como en la cultura y sociedad a la que éstos pertenecen y que en gran medida se reflejan en la práctica docente (Casarini, 1999). La amplitud de la concepción del proceso docente educativo que se sustente dependerá de la visión que el maestro y la institución tengan sobre las actividades y funciones del docente. La diferencia en la concepción pedagógica se produce cuando se sostiene que el objetivo de la enseñanza es producir el rendimiento del alumno o si, por el contrario, se concibe que la finalidad de la enseñanza es propiciar en dicho alumno el aprendizaje (Fenstermacher, 1979). La primera postura conduce a que el aprendizaje se entienda como el logro de la enseñanza, lo cual destaca el papel del maestro en la transmisión de los contenidos. En la segunda posición, el docente se visualiza como aquel que instruye al estudiante sobre cómo adquirir el contenido a partir de sí mismo y de otros apoyos. Esta última concepción pedagógica supone diseñar los programas, considerándolos sólo una guía que orienta el desarrollo de la enseñanza y el aprendizaje. El profesor debe crear situaciones que le permitan al alumno construir, asimilar, desarrollar y ejercer el aprendizaje, producir aquellas estrategias de enseñanza mediante las cuales pueda ayudar al alumno en la adquisición de los contenidos y posibilitar la transferencia de sus aprendizajes a distintas situaciones de la vida y del ejercicio profesional.

#### *d) La Fuente epistemológica*

La epistemología tradicional se ha ocupado de discutir el proceso del conocimiento y sus fuentes, aportando al currículo elementos importantes para la ordenación y secuenciación de los contenidos, para delimitar el objeto de estudio de las disciplinas, de sus métodos particulares, de sus límites y de las relaciones con otras disciplinas. Sin embargo, la educación científica contemporánea debe partir de una epistemología como teoría y crítica del conocimiento, pero visto éste en su función social. Esta epistemología renovada o no tradicional analiza los procesos de producción, transferencia, difusión y aplicación de los conocimientos como procesos sociales conectados a las condiciones donde ellos se desenvuelven (Núñez, 1999). Por su parte, Coll (1991) establece que el análisis epistemológico de las disciplinas contribuye a separar los conocimientos esenciales de los secundarios, a buscar su estructura interna y las relaciones que existen entre ellos, siendo decisivas sus aportaciones para establecer

secuencias de actividades de aprendizaje que faciliten al máximo la asimilación significativa. Las diferentes concepciones de la ciencia reflejan una visión del mundo y del conocimiento y esto influye en el currículo.

Finalmente, para Antúnez et al., (2001), existe una fuente más: “la propia experiencia pedagógica que constituye una información muy importante sobre aquellas aplicaciones didácticas que han tenido éxito y aquellas que no lo han tenido. Esta información permite ir modificando el currículo y adaptarlo al contexto concreto en que se ha de aplicar”. El Diseño Curricular parte de una práctica pedagógica que aspira a transformar y mejorar, aportando nuevos puntos de vista y ofreciendo alternativas, al tiempo que integra las experiencias que han sido exitosas (Coll, 1991).

### **2.1.1.3. El currículo según los modelos**

Un modelo curricular es una construcción simbólica que descubre y formula regularidades entre los hechos y acontecimientos objeto de representaciones. Los diferentes modelos curriculares identifican elementos (las intenciones educativas: contenidos y objetivos, las orientaciones didácticas y la evaluación) y postulan relaciones entre éstos y dentro de la unidad que en sí mismos constituyen. La función de los modelos curriculares es hacer explicables y, por lo tanto, manejables, los fenómenos educativos que representan y posibilitan que la información que elaboran de los mismos sea compartida. (Mauri et al., 1990). Considerando las fuentes en las que se fundamenta el currículo Mauri et al. (1990) agrupan los modelos curriculares en tres tipos:

- a) Modelos que enfatizan los aspectos relativos a la planificación y selección de las intenciones educativas.
  
- b) Modelos que entienden el currículo como un plan o diseño que concreta las intenciones educativas y proporciona también guía para los encargados de desarrollarlo considerando dos enfoques: un enfoque más tecnológico y conductual de los procesos de enseñanza-aprendizaje, y un enfoque más constructivista.

c) Modelos que se caracterizan por considerar que el núcleo de teorías que fundamenta la representación que de éste hace la educación escolar surgirá del análisis que el profesor realice de las prácticas educativas.

Según Mauri et al. (1990), los diferentes modelos de currículo postulan un determinado modo de entender la relación entre teoría y práctica de la educación escolar, entre planificación y desarrollo. Y definen una determinada concepción del proceso enseñanza-aprendizaje fijando su atención en uno de ambos polos y, en algunos casos, como en el constructivista en su relación.

Por otra parte, Coll (1991) establece dos modelos curriculares considerando el grado de responsabilidad respectiva de la administración y de los profesores en la elaboración del currículo:

a) *El modelo curricular cerrado*, en el cual existe una postura centralizadora en la que el currículo prescribe detalladamente los objetivos, los contenidos, los materiales didácticos y los métodos a utilizar por todos los profesores en cada una de las áreas de enseñanza.

b) *El modelo curricular abierto* en el cual existe una concepción absolutamente descentralizada en la que la responsabilidad de la elaboración del currículo recae en los profesores o equipos de profesores de cada centro.

En otra caracterización de los modelos curriculares, Flores (1995) establece que las teorías pedagógicas definen los modelos pedagógicos y éstos a su vez perfilan los modelos curriculares. Para este autor un modelo pedagógico es una representación de las relaciones que predominan en el fenómeno de enseñar y es también un paradigma al ser la representación de una perspectiva pedagógica. Según este autor, toda teoría pedagógica trata de responder simultáneamente a las siguientes preguntas: ¿qué tipo de hombre se quiere educar?, ¿cómo crece y se desarrolla un hombre?, ¿con qué tipo de experiencias?, ¿quién dirige el proceso, el maestro o el alumno?, ¿con qué métodos y técnicas se puede alcanzar mayor eficacia? En la teoría pedagógica se define el concepto de hombre que se pretende formar, o meta esencial de la formación humana; se caracterizan los procesos de formación del hombre; se describen el tipo de

experiencias educativas que se privilegian para afianzar e impulsar el proceso de desarrollo, incluyendo los contenidos curriculares; se describen las regulaciones que permiten enmarcar y cualificar las interacciones entre el educando y el educador en la perspectiva del logro de las metas de formación, y se describen y prescriben métodos y técnicas a diseñar y utilizar en la práctica educativa como modelos de acción eficaces. En este sentido, en función de la perspectiva teórica pedagógica se definen los modelos pedagógicos. Los modelos pedagógicos que define Flores (1995) son los siguientes:

a) En el *modelo romántico* se considera que el contenido más importante del desarrollo del niño es lo que procede de su interior y, por consiguiente, el eje de la educación es ese interior del niño. El ambiente pedagógico debe ser el más flexible posible para que el niño despliegue su interioridad, sus cualidades y habilidades naturales en maduración, y se proteja de lo inhibitorio y nada auténtico que proviene del exterior. El desarrollo natural del niño se convierte en la meta y a la vez en el método de la educación.

b) En el *modelo conductista* el método utilizado es básicamente el de la fijación y control de los objetivos instruccionales formulados con precisión y reforzados en forma minuciosa. El desarrollo intelectual de los niños consiste en adquirir conocimientos, códigos impersonales, destrezas y competencias bajo la forma de conductas observables. Se trata de una transmisión parcelada de saberes técnicos mediante un adiestramiento experimental que utiliza la “tecnología educativa”.

c) En el *modelo pedagógico progresista-constructivista* la meta educativa es que cada individuo acceda, progresiva y secuencialmente, a la etapa superior de su desarrollo intelectual, de acuerdo con las necesidades y condiciones de cada uno. El maestro debe crear un ambiente estimulante de experiencias que faciliten al niño el acceso a las estructuras cognoscitivas de la etapa inmediatamente superior. En consecuencia, el contenido de dichas experiencias es secundario, ya que éstas deben contribuir al afianzamiento y desarrollo de las estructuras mentales.

d) En el *modelo pedagógico social* se propone el desarrollo máximo y multifacético de las capacidades e intereses del individuo. Tal desarrollo está determinado por la sociedad, por la colectividad en la cual el trabajo productivo y la educación están íntimamente unidos para garantizar no sólo el desarrollo del espíritu colectivo, sino el

conocimiento científico polifacético y politécnico, y el fundamento de la práctica para la formación de las nuevas generaciones.

Flores (1995) menciona que dentro del enfoque del *modelo pedagógico progresista-constructivista* se enmarca la teoría del diseño curricular por procesos desarrollada por Stenhouse (1984). Un *currículo por procesos* genera estructuras de procedimientos y modelos de descubrimiento en lugar de técnicas de instrucción, y ello exige la participación activa de profesores y alumnos que interactúan en la preparación y el desarrollo de la clase (Bruner, 1966). Sobre la evaluación del aprendizaje, Stenhouse (1984) propone una mirada valorativa y crítica del profesor hacia su aprendiz, y concibe la evaluación desde la comprensión del proceso de adquisición de conocimientos en vez de hacerlo desde los resultados cuantificados del aprendizaje. Stenhouse propone pasar de un *diseño curricular por objetivos* a un *diseño curricular por procesos*, es decir, desde lo previsto, lo rígido, lo específico, lo medible, lo autoritario y lo repetitivo, hacia lo imprevisible, lo flexible, lo opcional, lo incierto, lo compartido, lo autoevaluable, lo comprensible. Por otro lado, la propuesta de un *currículo para el desarrollo de habilidades de pensamiento* diseña proyectos educativos focalizados en las operaciones intelectuales, en el desarrollo de destrezas cognitivas, en los procesos dinámicos de aprendizaje, en la selección e interpretación de situaciones problemáticas que los alumnos deben solucionar, en los conceptos previos de los alumnos, y en los aprendizajes significativos. Esta propuesta es la aplicación del pensamiento de las ciencias cognitivas desde Piaget, Bruner, Gardner, Perkins y Novak. Tanto el *diseño curricular por procesos* como el *currículo para el desarrollo de las habilidades de pensamiento* se inscriben en un modelo pedagógico progresivo cuyo eje fundamental es el progreso de los alumnos a través de su experiencia en el mundo, estimulándolos secuencialmente hacia estructuras cognitivas y conceptos cada vez más elaborados, partiendo de lo que ya saben, de sus experiencias anteriores. Este modelo se propone intervenir al alumno en sus conceptos previos, influyéndolos y modificándolos a través de su experiencia en la escuela, de experiencias confrontadoras y de prácticas contextualizadas. El alumno es el que construye sus conocimientos, asimila e interioriza los conceptos y reorganiza sus conceptos previos partiendo de sus experiencias con la vida o con las ciencias.

Se observa un enfoque diferente en el *modelo pedagógico social* que fundamenta un currículo que proporciona contenidos y valores, para que los alumnos mejoren la comunidad en orden a la reconstrucción social de la misma, y promueven un proceso de liberación constante, mediante la formulación de alternativas de acción a confrontar colectivamente en situaciones reales. En el *modelo pedagógico social* se identifica una concepción curricular cuyo “hacer práctico” de la escuela, y el aprender a pensar y el centrarse en los procesos de aprendizaje convergen en la transformación del mundo, de la vida y en la solución de problemas en bien de la comunidad. En este modelo pedagógico se sitúa el *currículo por investigación* propuesto por Stenhouse (1984) en el que se descarta un currículo pensado burocráticamente y mediatizado por la institución escolar, así como también la concepción del currículo como un “plan normativo” que se acumula año tras año. Según el modelo pedagógico social los currículos no debieran ser homogéneos, porque cada escuela, cada aula, es un mundo divergente, con contextos múltiples. En la línea de este mismo modelo pedagógico se encuentra el *currículo comprensivo* propuesto por Magendzo (1991), que traduce formas para enfrentar la propia vida, que piensa la cultura como una gama antropológica de pluriculturalismo, y que gira en torno a la capacidad para resolver problemas, para comunicarse, para aprender en colectividad.

### **2.1.2. El análisis del currículo según Panza**

Panza (1993) analiza el currículo considerando los siguientes aspectos: el concepto del currículo según el modelo, la definición que se hace del currículo y los núcleos disciplinarios que lo fundamentan.

#### **2.1.2.1. Concepto de currículo según los modelos teóricos de la enseñanza**

Como se mencionó anteriormente, para Panza (1993) currículo es un término polisemántico que se utiliza indistintamente para referirse a planes de estudio, programas e incluso implementación didáctica. Sin embargo, menciona que existe un esfuerzo de conceptualización en que diversos autores definen el término según la visión que ellos tienen de la problemática educativa y que es lo que integra la llamada teoría curricular que algunos autores presentan como un campo disciplinario autónomo

y otros como un campo propio de la didáctica. Pansza (1993) se sitúa en esta última perspectiva, relacionando el currículo con la escuela y caracterizándolo desde la perspectiva de los modelos teóricos más comúnmente usados para analizar las diversas perspectivas sociohistóricas de la enseñanza: *enseñanza tradicional*, *enseñanza tecnocrática* y *enseñanza crítica*. Según esta perspectiva, los *currículos tradicionales* son los que hacen un mayor énfasis en la conservación y transmisión de los contenidos como algo estático, y donde las relaciones sociedad-escuela están descuidadas. El *currículo tecnocrático* no es más que una serie de procedimientos técnicos que aseguran que se logre el aprendizaje. En este tipo de currículo se considera que un buen diseño curricular dará magníficos resultados sin importar el contexto socioeconómico que se use. El *currículo crítico* es el que considera el currículo oculto, es decir, otros contenidos, que, si bien no están explicitados en planes y programas de estudio, se promueven como aprendizajes dentro de las aulas.

Según Pansza (1993), el criterio para poder determinar si un currículo es tradicional, tecnocrático o crítico, está delimitado por la visión global del mismo sobre el papel de la educación y la sociedad, la forma de concebir la ciencia y el conocimiento, y el concepto e implementación del proceso de enseñanza-aprendizaje

#### **2.1.2.2. Definición de currículo**

Pansza (1993) agrupa las definiciones de currículo en cinco grupos siguiendo a otros autores:

a) *El currículo como los contenidos de la enseñanza* (Briggs, en Pansza, 1993) es una lista de materias, asignaturas o temas que delimitan el contenido de la enseñanza y del aprendizaje en las instituciones educativas. En este tipo de currículo se destaca la transmisión de conocimientos como la función principal de las escuelas.

b) *El currículo como plan o guía de la actividad escolar* (Taba, 1974 en Pansza, 1993) es un plan para el aprendizaje que enfatiza la necesidad de un modelo ideal para la actividad escolar y su función es la de homogeneizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

c) *El currículo entendido como experiencia* (Johnson, 1978 en Pansza, 1993) pone énfasis, en lo que se hace en realidad, no en lo que debe hacerse. Considera que el currículo es la suma de experiencias que los alumnos realizan dirigidos por la escuela.

d) *El currículo como sistema* (Kaufman, 1984 en Pansza, 1993) se desarrolla por la influencia de la teoría de sistemas en educación. En este currículo se destaca la existencia de metas las cuales apuntan los elementos y sus relaciones.

e) *El currículo como disciplina* considera que éste no sólo es un proceso activo y dinámico, sino que también es una reflexión sobre este mismo proceso.

### **2.1.2.3. Núcleos disciplinarios que fundamentan el currículo**

Pansza define cuatro núcleos disciplinarios que fundamentan el currículo: *la fuente sociológica, la fuente psicológica, la fuente pedagógica y la fuente epistemológica.*

#### ➤ *Fuente sociológica*

Pansza (1993) menciona que el currículo toma de la sociología criterios que le permiten clarificar las relaciones intangibles del conocimiento y la ideología dominante. Sus intereses son los condicionamientos sociales y culturales de la educación, el carácter de las instituciones sociales, las políticas educativas, y los procesos de cambio educativo. Desde el referente sociológico, al currículo le interesa el conjunto de competencias que contribuyen a la socialización del alumno dentro de las pautas culturales de una comunidad. Dentro de la sociología encontramos diversas tendencias que se reflejan en la concepción del currículo. Pansza señala cuatro siguiendo a Grass (1976): el enfoque humanista, que procede de una investigación moralizadora y transhistórica; el enfoque económico, cuya primera preocupación es medir la rentabilidad del sistema de enseñanza para la colectividad; el enfoque transpersonal, en el cual predomina el estudio de la socialización tomada en el sentido de adaptación al entorno; y el enfoque macrosociológico y totalizador de inspiración marxista, que insiste en el medio de legitimación y de conservación social que constituye la escuela para las clases dominantes.

➤ *Fuente psicológica*

La psicología explica desde la perspectiva del sujeto, el proceso de enseñanza-aprendizaje y las relaciones que los sujetos establecen entre sí (Pansza, 1993). Las principales corrientes psicológicas que han influido en la educación son: la disciplina mental, el conductismo, el cognoscitivismo y, en menor medida, el psicoanálisis y la psicología genética (Pansza, 1993). Los currículos tradicionales suelen fundamentarse en el aspecto psicológico en la teoría de la disciplina mental, los tecnocráticos en el conductismo, y las visiones críticas del currículo, frecuentemente, en la psicología cognocitivista, el psicoanálisis y la psicología genética.

➤ *Fuente pedagógica*

Para Pansza (1993), lo pedagógico implica la concepción de educación, finalidad de la misma, proceso de enseñanza-aprendizaje, relación contenido-método, y relación docencia-investigación y difusión. Estos marcos están íntimamente relacionados y su explicitación constituye la fundamentación del plan de acción en la escuela.

➤ *Fuente epistemológica*

La fuente epistemológica es de indudable importancia en la elaboración del diseño del currículo, ya que permite clarificar las relaciones entre investigación, conocimiento y aprendizaje (Pansza, 1993). La idea que subyace es que, si se quiere orientar adecuadamente la práctica educativa, hay que conocer profundamente la naturaleza del conocimiento. Según Pansza (1993), se pueden distinguir tres grandes corrientes epistemológicas:

*Empirismo:* Considera la experiencia sensorial como la única fuente del saber. Afirma que todo conocimiento se fundamenta en la experiencia y se adquiere a través de ésta. Subestima la abstracción y centra el proceso del conocimiento en los hechos.

*Idealismo*: Lo espiritual, lo inmaterial, posee un carácter primario y lo material un carácter secundario. Ve el conocimiento humano al margen de la naturaleza y pone su énfasis en la actividad del sujeto.

*Materialismo*: Se basa en la existencia objetiva del mundo exterior. El conocimiento es el resultado de la interacción dialéctica entre el sujeto y los objetos de la realidad. El conocimiento se construye después de una ruptura con el conocimiento sensible y sensorial, a partir de la crítica de las apariencias y de la idea de que de forma más o menos espontánea nos hacemos de los objetos.

### **2.1.3. El análisis del currículo según Posner**

Posner (1998) establece que cada currículo representa una opción sobre la forma de abordar la educación y hace referencia a cinco perspectivas o “filosofías” teóricas del currículo. Estas perspectivas representan un conjunto particular y coherente de supuestos sobre educación, que responden a la forma como se considera ocurre el aprendizaje y cómo se ve facilitado éste; qué objetivos tienen valor y cómo deben expresarse; qué clase de contenidos son más importantes y cómo deben organizarse para la enseñanza; cómo debe evaluarse el proceso educacional; y cuál es y cuál debe ser la relación entre la escuela y la sociedad en general. A partir de estas consideraciones, Posner (1998) establece las siguientes perspectivas teóricas del currículo:

- a) La *perspectiva tradicional*, que responde a los aspectos más importantes de la herencia cultural que deberían expresarse y perpetuarse.
- b) La *perspectiva experiencial*, que identifica las experiencias que conducirán a un crecimiento sano del individuo.
- c) La *perspectiva de la estructura de las disciplinas*, que identifica la estructura de las disciplinas del conocimiento.
- d) La *perspectiva conductista*, que identifica qué deben de ser capaces de hacer los estudiantes al finalizar el currículo.

- e) La *perspectiva cognitiva*, que identifica cómo puede la gente aprender a dar sentido al mundo y a pensar en forma más productiva y creativa.

Este autor propone varios criterios para analizar el currículo considerando de manera general la forma en la que se definen los siguientes aspectos: los modelos curriculares; las características del propósito y el contenido del currículo; las perspectivas teóricas y enfoques de los propósitos y contenidos; y la organización y la evaluación. A continuación se definen algunos de ellos.

### **2.1.3.1. Modelos curriculares**

Para Posner (1998) son dos los modelos curriculares que se observan con más frecuencia: el *Modelo de Tyler* y el *Modelo de Jonson*.

El *modelo de Tyler* (Tyler, 1949) se caracteriza porque los objetivos educacionales que se deben tratar de alcanzar durante la etapa de escolarización están determinados a partir de estudios sistemáticos acerca de los estudiantes, de estudios de la vida contemporánea en sociedad, y del análisis de los temas de estudio realizados por especialistas. Estas fuentes de objetivos se visualizan a través de la filosofía de la escuela y de los conocimientos disponibles sobre la psicología del aprendizaje. En este modelo se determinan las experiencias educativas, probables de lograr estos objetivos y que pueden proporcionarse. Estas experiencias se organizan de manera efectiva, prestando atención a su secuencia dentro de cada campo y a la integración de conocimientos entre campos. Por último, se determina si estos propósitos se están consiguiendo. Los instrumentos de evaluación de objetivos se desarrollan para verificar la efectividad del currículo. El criterio para el éxito es la evidencia conductual que los objetivos del currículo se han alcanzado.

En el *modelo de Johnson* (Johnson, 1967) se hace una distinción entre currículo y enseñanza. El currículo describe lo que debe aprenderse, mientras que la enseñanza es el proceso mediante el cual se instruye a los estudiantes. El currículo en sí no es un proceso, pero el desarrollo del currículo sí lo es. Este proceso comprende la selección y

estructuración de los “resultados de aprendizaje esperados” y de la cultura disponible y enseñable con el fin de producir gente con ciertas características esperadas. El currículo, a su vez, guía el sistema de enseñanza, el cual consta de contenido y de estrategias. En este sistema hay dos clases de contenido: el instrumental y el curricular. El primero es el contenido utilizado sólo como vehículo para la enseñanza, mientras que el segundo es el contenido que debe aprenderse. Los conceptos y las habilidades son dos clases de contenido curricular. En este modelo se hace una distinción entre proceso y producto. Para Johnson (1967), la educación consta de varios procesos, y estos procesos incluyen la fijación de metas, el diseño curricular, la planificación de la enseñanza, la enseñanza y el desarrollo. Cada proceso genera los productos correspondientes, es decir, metas, currículo, planes de enseñanza, resultados de aprendizaje y resultados educativos, respectivamente. Esta distinción entre proceso y producto es lo que lo designa como modelo de producción. Este modelo tiene cuatro elementos principales: la fijación de metas, la selección y estructuración del currículo, la planificación de la enseñanza y la evaluación técnica.

### **2.1.3.2. Características del propósito y el contenido**

Según Posner (1998), en la definición del propósito y el contenido se analizan los contextos para el currículo en términos de “entrenamiento” o “educación”, las metas, los fines y los objetivos. *Entrenamiento* se refiere a contextos en los cuales se puede predecir con alguna confianza las situaciones específicas en las que la gente utilizará lo que aprende y *educación* se refiere a contextos en los cuales no se puede predecir con alguna especificidad o certeza las situaciones en las que la gente utilizará lo que aprende. En este contexto, la elaboración de currículos se puede enfocar alrededor de principios o conceptos fundamentales –enfoque de contenido- o sobre cómo formular y resolver problemas –enfoque de proceso-.

Con respecto a las metas, los fines y los objetivos, Posner (1998) sugiere que se presentan en diferentes niveles:

Las *metas de la sociedad* son lo que los ciudadanos o diseñadores de política desean que las instituciones políticas, económicas, sociales y educativas de un país alcancen.

Las *metas administrativas* son lo que los líderes de las organizaciones desean lograr y que permiten el mantenimiento y mejoramiento de éstas.

Los *finés educativos* son lo que los ciudadanos o diseñadores de políticas desean que las instituciones educativas de la sociedad logren; generalmente son de largo plazo y resultado de muchas influencias, de las cuales la escuela es sólo una. Describen los resultados de vida esperados con base en algún esquema de valores seleccionado consciente o inconscientemente.

Las *metas educacionales* son lo que los ciudadanos o diseñadores de políticas desean que las instituciones de educación formal logren, expresadas en términos de las características de las personas que han sido bien educadas.

Los *objetivos de aprendizaje* son todo aquello que se espera que las personas aprendan como consecuencia de ser estudiantes en instituciones educativas. Son reflejo de los fines y metas educacionales. Los objetivos pueden variar en especificidad desde objetivos de las simples lecciones, hasta objetivos de un curso o etapa completos. Una afirmación acerca de la intención de que alguien aprenda algo puede llamarse un “resultado de aprendizaje esperado” o un “objetivo de aprendizaje”. Siempre que se exprese lo que se desea que los estudiantes aprendan, se está tratando con objetivos de aprendizaje.

A partir de la contextualización del currículo, se establecen las metas educativas, los objetivos de enseñanza y los enfoques del contenido. Así, en el propósito y contenido del currículo Posner (1998) analiza: *las metas educacionales, los objetivos de aprendizaje y los enfoques del contenido*.

➤ **Los objetivos de aprendizaje**

Respecto a los *objetivos de aprendizaje*, Posner (1998) propone la siguiente clasificación:

- a) La *taxonomía de Bloom* (1979), que establece tres dominios de objetivos: el *cognitivo*, el *afectivo* y el *psicomotor*. El *cognitivo* es el objetivo central de esta categoría e incluye los que tratan con la evocación o el reconocimiento del conocimiento y el desarrollo de las destrezas intelectuales. Las clases principales de objetivos cognitivos en supuesto orden de creciente complejidad son: *conocimiento*, que se refiere a la evocación o reconocimiento de ideas, material o fenómenos; *comprensión*, que se refiere al entendimiento del mensaje literal contenido en una comunicación; *aplicación*, que se refiere a saber cómo y cuándo utilizar una abstracción en una nueva situación o problema; *análisis*, que se refiere a la descomposición del material en sus partes constituyentes y detección de las relaciones de las partes y de la forma en que ellas se organizan; *síntesis*, que se refiere a reunir elementos y partes con el fin de formar un todo; y *evaluación*, que se refiere a hacer juicios valorativos, para algún fin, de ideas, trabajos, soluciones, métodos, etc. Esta taxonomía se criticado en base a que no es jerárquica y que el concepto de conocimiento se trivializa en una simple evocación y reconocimientos mecánicos (Posner, 1998).
  
- b) Las *categorías de Gagné* (1977) incluyen cinco categorías principales de objetivos: *habilidades intelectuales*, que contemplan la realización de discriminaciones, la clasificación de objetos e ideas y el uso de reglas; las *estrategias cognitivas*, que comprenden la regulación del proceso interno propio de atender, aprender, recordar y pensar particularmente en lo referente a la solución de problemas; *la información verbal*, que se refiere al almacenamiento en la memoria de nombres, hechos o ideas; *las habilidades motoras* que consisten en la coordinación de movimientos musculares; y *las actitudes*, que se refieren a estados internos que ejercen influencia en la selección de la acción individual. En esta categorización no hay un orden supuesto de las categorías relevantes, aunque dentro de las categorías particulares Gagné (1995 en Posner,

1998) sostiene que hay jerarquías de aprendizaje: es importante adquirir las capacidades que son prerequisites o subordinadas antes de proceder a las habilidades objetivo. Su fortaleza es su naturaleza ecléctica ya que trata de integrar los análisis cognitivos y conductistas del aprendizaje en un marco que incluya todo. Según Posner (1998), los currículos orientados hacia los hechos se centran en la información verbal y los currículos conceptuales amplían este foco para incluir las habilidades intelectuales. Por otra parte, los currículos conductistas rechazan el énfasis en la información verbal y el conductista estricto prefiere las habilidades motoras, mientras que el menos estricto incluye estrategias intelectuales y cognitivas.

- c) Los *dos tipos de conocimiento de Ryle* (en Posner, 1998), que se refieren a los tipos principales de conocimiento que pueden ser adquiridos: “*saber qué*” y “*saber cómo*”. “*Saber qué*” se refiere al “*conocimiento proposicional*”, lo que comúnmente se llama “tema de estudio”. “*Saber cómo*” se refiere a capacidades de acción, lo que podría llamarse “destrezas”. Los “*saber qué*” no sólo son característicos de currículos orientados hacia los hechos, sino que también lo son de los currículos conceptuales. Los “*saber cómo*” son claramente más característicos de los currículos orientados hacia las destrezas y de los currículos experienciales. Broudy (1977) añade otro tipo de conocimiento, el “*saber en*”, que cubre un contexto dentro del cual se percibe, interpreta y juzga una situación particular.

➤ **Los enfoques del contenido**

Con respecto al *contenido*, para Posner (1998), éste es, en cierto sentido, una dimensión del objetivo de aprendizaje. Cualquier objetivo de aprendizaje posee un aspecto de contenido: el verbo del objetivo expresa el comportamiento y el objeto del verbo expresa el contenido. Posner (1998) propone dos categorías para el enfoque del contenido:

- a) El *enfoque psicológico conductista* considera el contenido simplemente una dimensión de los objetivos de aprendizaje.

- b) El *enfoque pedagógico* considera que el currículo se concibe como materiales para guiar la enseñanza. El currículo es un cuerpo organizado de conocimiento sobre qué enseñar y cómo enseñarlo de la mejor forma. Las preocupaciones sobre el contenido se centran en dos aspectos: la concepción del tema de estudio y las formas de representarlo.

### 2.1.3.3. Perspectivas teóricas en el propósito y el contenido

Cada currículo representa una opción sobre la forma de abordar la educación de los estudiantes y las perspectivas teóricas representan muchos de los enfoques que toman los currículos. Posner (1998) propone las siguientes perspectivas teóricas:

- a) La *perspectiva tradicional* se basa en los aspectos más importantes de la herencia cultural de una sociedad que deben preservarse. En esta perspectiva el propósito de la educación es transmitir la herencia cultural. El contenido del currículo se selecciona de esa herencia cultural y representa aquello que los educadores consideran que serán los hechos que trasciendan en el tiempo, los más establecidos y aceptados, los conceptos, principios, leyes, valores y habilidades que la humanidad conoce.
- b) La *perspectiva experiencial* se enfoca en las experiencias que conducirán a un crecimiento sano del individuo, y el desarrollo es el principal propósito de la educación. Cualquier desarrollo específico debe realizarse en una dirección que conduzca al desarrollo general continuo del individuo. La educación experiencial busca aumentar la competencia en áreas tales como la planificación, el hallazgo y uso de recursos apropiados; la persistencia en una labor; la utilización de nuevas ideas; y responsabilizarse por el bien de otros y realizar compromisos hacia otros. Por otra parte, la materia de estudio se deriva de las experiencias de la vida ordinaria.
- c) La *perspectiva de la estructura de las disciplinas* se basa en la estructura de las disciplinas del conocimiento. El propósito principal de la educación desde esta

perspectiva es el desarrollo del intelecto y las disciplinas del conocimiento constituyen el contenido más apropiado para este propósito.

- d) La *perspectiva conductista* se orienta sobre lo que deben ser capaces de hacer los estudiantes al finalizar el currículo. Esta perspectiva se mantiene neutra respecto al propósito de la educación y deja libertad al educador de determinar los propósitos a los cuales se aplicarán los principios conductistas. El contenido comprende un conjunto de destrezas descritas por enunciados que especifican comportamientos observables y medibles denominados objetivos de actuación.
  
- e) La *perspectiva cognitiva* se orienta hacia el aprendizaje de los individuos para dar sentido al mundo y para pensar en forma más productiva y creativa. El propósito central de la educación en esta perspectiva es el desarrollo de la mente. Se centra en el desarrollo del pensamiento para lograr este propósito. Aunque el conocimiento exige tanto contenido como destreza, los diferentes enfoques cognitivos hacen énfasis, en general, en uno u otro de estos dos aspectos del pensamiento. La materia de estudio es un cuerpo de conocimiento sobre el cual pensar y es, en sí, una forma de pensar, de razonar o de resolver problemas.

#### **2.1.3.4. Enfoques del propósito y el contenido**

Posner (1998) propone dos enfoques del propósito y el contenido:

- a) El *enfoque conductista* considera el aprendizaje como un cambio en el comportamiento. El enfoque de objetivos, que se desprende de este concepto de aprendizaje, es la descripción de un patrón de comportamiento (actuación) que se desea que el aprendiz sea capaz de exhibir. Los objetivos deben establecerse en forma apropiada para su función principal de guiar la evaluación. Esto conduce a elaborar objetivos que deben expresarse en términos de “saber cómo”, presentados en listas de enunciados concisos, y con el empleo de verbos que expresan solamente comportamientos observables y medibles. Como consecuencia de estos requisitos, los objetivos conductistas expresan los “saber

qué” o “saber en” solamente al transformarlos en “saber cómo”. El enfoque conductista sitúa la responsabilidad del aprendizaje en los profesores, puesto que se supone que ellos controlan al ambiente de enseñanza. La visión curricular que obedece a este enfoque descansa en los siguientes principios (Sockett, 1976 en Posner, 1998): a) un currículo consta de un conjunto de “objetivos terminales” expresados en forma observable y medible, es decir, en forma operacional; b) el propósito de la enseñanza es cambiar el comportamiento, partiendo de una “conducta de entrada” para llegar a un “comportamiento terminal” especificado en el objetivo conductista; y c) el contenido enseñado y el método mediante el cual éste se enseña son los medios para los objetivos terminales.

- b) El *enfoque cognitivo-constructivista* considera el aprendizaje como la adquisición de estructuras y procesos mentales internos, algunas veces llamados “esquemas” y “operaciones cognitivas”, respectivamente, los cuales son necesarios para una actuación exitosa. Sus principios son: los estudiantes construyen la comprensión; entender algo es conocer las relaciones; y todo aprendizaje depende del conocimiento anterior. El enfoque cognitivo de los objetivos se centra más en los procesos internos de pensamiento y en las estructuras cognitivas que en la actuación. Los objetivos deben referirse a cambios en los estudiantes no directamente observables. Estos cambios internos se describen usando mecanismos tales como diagramas conceptuales y listas de operaciones o de conceptos cognitivos. Las “conductas” que el aprendizaje desea que el profesor modele son procesos mentales por lo general tácitos y que el docente debe hacer explícitos. Estas conductas son modeladas en el contexto en el cual son realmente utilizadas. La función del profesor es ayudar a los estudiantes a pensar en forma más efectiva y a construir su sentido del mundo. Los enfoques curriculares cognitivos se diferencian básicamente en términos de su eje curricular o de los argumentos centrales sobre el aprendizaje. Estos son: el *conceptual*, el *desarrollista piagetiano*, y el de *proceso de pensamiento*. El *conceptual* consta de un conjunto de conceptos interrelacionados o de temas conceptuales necesarios para resolver problemas, tomar decisiones, o, más generalmente, razonar en algún dominio del conocimiento. Este enfoque es consistente con el modelo de cambio conceptual de enseñanza. El *desarrollista piagetiano* establece que, a medida que maduran, los niños progresan a través de

una serie de etapas, de las cuales cada una representa un conjunto cualitativamente diferente de estructuras cognitivas, hasta que llegan a la etapa final, en la cual son capaces de pensar en forma abstracta. Los currículos se diseñan de manera apropiada para la etapa de desarrollo del niño, bien sea esperando a que él esté cognitivamente listo para la siguiente etapa o proporcionando situaciones que facilitan su movimiento hacia ella. En general, los currículos de orientación cognitiva enfatizan las habilidades de pensamiento en términos de una clase particular de pensamiento. Así, si se enfatiza el pensamiento inductivo, los currículos deben enseñar a los alumnos a pensar, partiendo de observaciones y llegando a generalizaciones y predicciones. Otros tipos de pensamiento que se enfatizan son el pensamiento lateral y la creatividad, y el pensamiento crítico.

#### **2.1.3.5. Organización del currículum**

En la organización del currículum, Posner (1998) considera los siguientes aspectos: *las estructuras básicas del contenido, los principios organizacionales, las perspectivas teóricas sobre los principios de organización, y los enfoques de la organización.*

##### **➤ Estructuras básicas del contenido y de los medios**

Dependiendo del grado de organización vertical y horizontal, el *contenido* puede asumir configuraciones diferentes. En un extremo se encuentra el currículo en el cual cada contenido es diferente, no está relacionado con el contenido restante o, por lo menos, es independiente de éste. En tal caso, el orden no tiene importancia. Este tipo de configuración se denomina *discreta*. En el otro extremo se encuentra el currículo en el cual cada concepto o habilidad requiere el dominio del concepto o habilidad inmediatamente anterior. Esta configuración se llama *lineal*. Entre estos dos extremos se encuentra una configuración en la cual, para aprender conceptos o habilidades posteriores, son necesarios múltiples conceptos o habilidades anteriores, en lugar de los conceptos o destrezas únicos como en la configuración lineal. A esta configuración se denomina *jerárquica*. Otra configuración importante que se encuentra entre los dos extremos es el currículo de *espiral*. En esta configuración se sostiene que los conceptos

son asimilados o “representados” de diferentes modos por niños de diferentes edades y, por consiguiente deben enseñarse en formas diferentes a niveles educativos diferentes. Los conceptos importantes se empiezan a enseñar en una forma para la cual el niño esté preparado y se retorna a los conceptos repetidamente en niveles cada vez mayores de sofisticación y abstracción.

La estructura básica de los *medios* se refiere a las formas en las cuales las actividades, métodos y materiales didácticos se relacionan con los objetivos particulares. Una estructura *paralela* está basada en el supuesto de que cada método de enseñanza es apropiado para enseñar ciertos objetivos a cualquier estudiante. Por tanto, cada método enseña un conjunto de objetivos sin relacionarlos de modo explícito con los objetivos enseñados por otros métodos. Una estructura *convergente* se basa en el supuesto de que no hay una forma única de alcanzar un objetivo y que los estudiantes difieren en su capacidad de aprender con cada método. Todo aprendizaje significativo ocurre como consecuencia de muchas experiencias educativas que contribuyen a él. Por consiguiente, la superposición de actividades y métodos de enseñanza es necesaria para alcanzar objetivos significativos con un grupo de diversos estudiantes. Una estructura *divergente* se basa en el supuesto de que cualquier actividad conduce a un conjunto diverso de resultados de aprendizaje. Las experiencias educativas son ricas en la medida en que tengan el potencial para conducir por diversas direcciones. La estructura *mixta* capitaliza las fortalezas de cada actividad y de cada método para enseñar un contenido determinado, pero que regularmente centra todas las actividades en un objetivo común.

### ➤ Principios de organización

Los principios organizacionales pueden estar basados en el *tema de estudio*, en *los aprendices y el aprendizaje* o en *los profesores y la enseñanza*.

Los principios organizacionales basados en el *tema de estudio* son variados, pero todos ellos basan su organización curricular en la forma como el tema de estudio mismo parece estar organizado. Una distinción epistemológica fundamental entre el mundo, tal como éste existe, y el lenguaje y los conceptos que se utilizan para pensar o para hablar

sobre el mundo, es decir, entre lo empírico y lo conceptual, permite clasificar estos principios entre aquellos “relacionados con el mundo” y aquellos “relacionados con conceptos”. Los principios relacionados con el mundo se derivan de las relaciones observables entre acontecimiento, sujetos y objetos tal como ellos existen u ocurren en el mundo. Los principios relacionados con conceptos reflejan la organización del mundo conceptual; y, en este caso, la organización del currículo debe ser consistente con la forma en que las ideas mismas se relacionan entre sí. Los principios relacionados con la investigación son similares a los principios relacionados con los conceptos, aunque reflejan los procesos mediante los cuales se deriva el conocimiento más que la forma en que éste, como producto, se organiza. Los diferentes enfoques de la lógica de la investigación producen principios organizacionales diferentes. Un enfoque que considera que el descubrimiento es un asunto de generalización a partir de la inducción, podría proporcionar experiencias con una guía mínima, con objetos o ideas, antes de tratar que el estudiante generalice una regla. Por otra parte, un enfoque que considera que el descubrimiento es asunto de ensayar conjeturas, buscará suscitar hipótesis y después proceder a un proceso de recolección de evidencias. Los currículos organizados con base a alguna noción del método científico o en algún método de solución de problemas son también de este tipo.

En el enfoque basado en los *aprendices y el aprendizaje* se consideran las características de los aprendices y los procesos de aprendizaje. Entre las características de los alumnos se encuentran sus intereses, sus problemas, sus necesidades, sus experiencias previas, sus preconcepciones, y sus niveles de desarrollo. Estas características pueden utilizarse para dar al currículo un punto de partida, un eje o una base para ordenar el contenido. Entre los hallazgos psicológicos significativos sobre el proceso de aprendizaje, para la organización del currículo, se hallan la importancia de las habilidades prerequisite de Gagné; los factores que afectan la dificultad de la tarea; los requisitos de procesamiento de información de las actividades; la necesidad de proporcionar la oportunidad para la práctica de procedimientos y habilidades; y los procesos mediante los cuales la gente asimila las creencias.

En el enfoque basado en los *profesores y la enseñanza*, los intereses y fortalezas de los profesores pueden determinar un enfoque, énfasis o punto de partida curricular. Las condiciones en las que se da la enseñanza también determinan este enfoque.

➤ **Perspectivas teóricas sobre los principios de organización**

Posner (1998) propone cinco perspectivas teóricas que caracterizan los principios de organización del currículo:

- a) La perspectiva *tradicional* en la que el enfoque del currículo se centra en el contenido, particularmente en aquellos hechos que cada persona instruida debe conocer, en las habilidades básicas y en los valores tradicionales. Los hechos se agrupan en temas que forman los elementos organizadores del currículo. En general, la secuencia del contenido se basa en la organización del tema de estudio mismo, en el cual predominan los principios de secuencia relacionados con el mundo.
  
- b) La perspectiva de *estructura de las disciplinas* en la que los currículos derivan su organización de esta misma estructura. Los conceptos más centrales en las disciplinas sirven como elementos organizadores de currículo, siendo las secuencias más comunes aquellas relacionadas con conceptos e investigación. Los currículos basados en las disciplinas toman como punto de partida para el desarrollo curricular las ideas fundamentales de éstas, derivando y organizando ese contenido más específico alrededor de esas ideas básicas. Debido a esta característica, estos currículos se denominan “de arriba hacia abajo”.
  
- c) La perspectiva *experiencial* en la que las experiencias que tienen los estudiantes a medida que se comprometen en actividades con un propósito, en general en forma de proyectos, sirven como elementos organizacionales del currículo. En su forma más característica el contenido se organiza de forma secuencial de acuerdo con la forma como se utilizará al tratar con problemas, necesidades y asuntos de la vida diaria.

- d) La perspectiva *conductista* en la que los currículos están organizados alrededor de comportamientos, descritos por objetivos también conductistas. Se toma como punto de partida para el desarrollo del currículo lo general, y después se deriva hacia lo particular. Lo general comprende, más que ideas generales, los comportamientos generales hacia los cuales, según lo diseñado, deberá conducir el currículo. La enseñanza de un currículo conductista comprende la construcción de habilidades en el estudiante desde las más elementales, que son prerrequisito, hasta las terminales, en lugar de tratar de enseñar las ideas fundamentales al aumentar los grados de sofisticación, como en el enfoque de estructura de las disciplinas. Por esta razón al enfoque conductista de la organización del currículo se le denomina “de abajo hacia arriba”.
- e) La perspectiva *cognitiva* el currículo está organizado alrededor de cualquiera de los elementos cognitivos. Los que se refieren a la asimilación cognitiva organizan el contenido alrededor de conceptos superiores que contienen otro contenido, más específico. Si se hace referencia al hecho que los individuos utilizan diferentes modalidades para representar estos conceptos, activo, gráfico, simbólico, entonces el currículo puede estar organizado alrededor de estas modalidades. Si se está a favor de una perspectiva relacionada con la acomodación, el currículo se organiza alrededor de errores generalizados y de acontecimientos discrepantes diseñados para facilitar el cambio conceptual. La secuencia de contenidos con este principio de organización emplearía los principios relacionados con el aprendizaje.

➤ **Enfoques de la organización**

Posner (1998) propone tres enfoques en la organización del currículo cada uno de ellos fundamentado en postulados epistemológicos y psicológicos:

- a) El enfoque *de estructura de las disciplinas*, también denominado “de arriba hacia abajo” o “hipotético-deductivo”, se basa en el supuesto que el currículo debe estar organizado alrededor de conceptos, temas o principios fundamentales y que, a partir de la comprensión de estos conceptos fundamentales, el estudiante desarrolla la capacidad

de deducir hechos y aplicaciones particulares. Estos conceptos se pueden derivar de disciplinas particulares del conocimiento. La expresión más significativa de este enfoque se articula en la perspectiva de la estructura de las disciplinas. Las bases epistemológicas de este enfoque hacen referencia a que todo el conocimiento se puede obtener de forma deductiva a partir de un conjunto pequeño de ideas generales abstractas. Estas ideas son verdades básicas, de las cuales es posible deducir atributos teóricos de menor alcance y, en lo fundamental, atributos empíricos sobre el mundo y sobre la forma como éste realmente funciona (Kuhn, 1972; Popper, 1976). Este tipo de currículos parecen apoyarse, sobre todo, en los conceptos y teorías fundamentales de una disciplina; en la importancia de la predicción, es decir, la deducción de los resultados de los experimentos basados en estas ideas; en la importancia de falsear más que verificar la teoría científica; y en la responsabilidad de cuestionar las ideas fundamentales cuando la información es inconsistente con la teoría que se tiene. Al mismo tiempo, tales currículos parecen también tratar con los problemas de cambio conceptual planteados por Kuhn (1972), en particular la forma en que los científicos perseveran en una teoría frente a las evidencias de falseamiento. Con base en un enfoque hipotético deductivo, este tipo de currículos buscan identificar las ideas fundamentales que forman la estructura sustantiva de las disciplinas (ideas fundamentales), llamadas comúnmente “temas globalizadores”, para organizar el currículo. Al suponer congruencia entre las disciplinas y los currículos, el contenido podría organizarse dentro del currículo de manera que reflejara la forma en que Popper (1996) describió cómo el conocimiento debía organizarse en las disciplinas científicas. Esta organización, según el enfoque de Popper (1996) y de los diseñadores de currículos, se basó en la organización lógica de conceptos, donde los más generales y básicos sirven como fundamento para entender los conceptos y hechos más específicos. Los principales postulados de este enfoque son los siguientes:

- 1.- *Epistemológico*. Cada disciplina es diferente y tiene su propia estructura; la estructura incluye un conjunto de temas fundamentales, conceptos o principios interrelacionados y un modo de investigación.
- 2.- *Psicológico*. El proceso de aprendizaje de los niños es semejante al proceso de investigación de los expertos que trabajan en las fronteras del conocimiento.

3.- *Propósito educativo*. La educación debe abarcar la comprensión de la estructura de cada una de las principales disciplinas del conocimiento.

4.- *Currículo*. Debe haber congruencia entre las disciplinas y el currículo escolar. El énfasis en los currículos debe estar en el estudio de cada disciplina y en la forma en que los expertos realizan investigación en ella.

5. *Desarrollo curricular*. Los expertos de las disciplinas deben ser los principales actores en el proceso del desarrollo curricular, ya que ellos poseen el conocimiento pertinente.

b) El enfoque *inductivo*, también denominado de “abajo hacia arriba”. Los psicólogos sugieren que los currículos debían respetar más la estructura “psicológica” del conocimiento que la “lógica”. La organización del currículo debería reflejar más la forma como la gente aprende, que la forma como el conocimiento se organiza en disciplinas. Este enfoque lo sustentaron los psicólogos cognitivos y conductistas (Ausubel, 1964; Gagné, 1970). La versión conductista de este enfoque supone que el determinante más importante del aprendizaje es la posesión de las habilidades prerequisite. El desarrollo curricular consiste en trabajar retrospectivamente partiendo de las habilidades intelectuales deseadas al terminar el currículo haciendo la pregunta: “¿qué debe ser capaz de hacer el aprendiz para lograr esto?”. Respuestas sucesivas a esta pregunta producen una “jerarquía de aprendizaje”, que incluye todos los objetivos que todos los aprendices deben dominar en su camino para alcanzar los objetivos finales o terminales. La enseñanza sigue a lo largo de su jerarquía de aprendizaje, desde los objetivos más simples hasta los más complejos. La “ruta de aprendizaje” descrita por la jerarquía asegura que “las habilidades relevantes de orden más bajo son dominadas antes de iniciar el aprendizaje de las habilidades relacionadas de orden más alto” (Gagné, 1977). La base epistemológica de este enfoque puede encontrarse en Hume (1957, 1967 en Posner, 1998), quien concibe que el conocimiento se origina de la experiencia, y, en particular, de las impresiones de los sentidos. Estas impresiones sensoriales producen ideas, que simplemente son copias mentales de las impresiones de los sentidos. El conocimiento, a su vez, comprende la asociación o unión de estas ideas. Según Hume (1957, 1967 en Posner, 1998), la gente desarrolla el conocimiento mediante la generalización de estas relaciones que observa entre las impresiones de los

sentidos. Las generalizaciones a más alto nivel se construyen, a su vez, a partir de las de más bajo nivel. De acuerdo con Hume, lo general se construye siempre de lo particular y, en lo fundamental, de las experiencias sensoriales particulares. Al igual que Hume (1957, 1967 en Posner, 1998), Gagné (1977) enfocó el aprendizaje de forma atomista y trató de identificar los elementos más simples, los “átomos”, del aprendizaje. Para este autor, el desarrollo de un currículo comprende el trabajo retrospectivo de habilidades intelectuales complejas para descubrir unidades cada vez más básicas y sostiene también que lo general se deriva de lo particular. El enfoque de Gagné (1977), según Posner (1998), reduce la noción de las relaciones lógicas entre conceptos, consideración epistemológica, a un análisis de la ruta más efectiva a través de la cual alguien aprende esos conceptos, consideración psicológica. Los principios organizacionales consideran que el aprendizaje de una nueva habilidad, concepto o principio se facilita bastante cuando el aprendizaje tiene los prerrequisitos de esa habilidad, concepto o principio. Los objetivos de aprendizaje se organizan en una serie de pasos lo suficientemente pequeños que los aprendices nunca pierden. A este respecto, Bloom (1979) utiliza el término “dominio del aprendizaje” y su enfoque no se basa necesariamente en una perspectiva conductista. Los principales postulados de este enfoque son los siguientes:

1.- *Epistemológico*. Todo el conocimiento complejo o general y las habilidades pueden analizarse en elementos más simples y específicos. Este proceso puede repetirse hasta que el analista haya identificado todos los elementos básicos del conocimiento y de las habilidades humanas.

2.- *Psicológico*. Las personas adquieren conocimientos y habilidades generales o complejas a partir de los elementos más simples y específicos. Una secuenciación apropiada de objetivos, una enseñanza de alta calidad, y un tiempo suficiente, garantizan que casi todas las personas puedan aprender lo que se enseña en los colegios.

3.- *Propósito educativo*. La educación debe centrarse en la enseñanza de las habilidades intelectuales, más que en hechos, y en el uso de técnicas que permitan a todos los estudiantes aprender.

4.- *Currículo*. Debe haber congruencia entre el currículo y las secuencias y condiciones de aprendizaje más efectivas.

5.- *Desarrollo curricular.* Los psicólogos conductistas deben ser los actores principales en el proceso de desarrollo del currículo, ya que ellos poseen el conocimiento pertinente.

En el enfoque por *proyectos* el currículo no se organiza alrededor de los conceptos disciplinares como en el enfoque de “arriba hacia abajo”, ni alrededor de habilidades de prerrequisito como en el enfoque “abajo hacia arriba”. En este caso el currículo está organizado alrededor de actividades de los estudiantes, las cuales planifican conjuntamente con el profesor. En resumen, el enfoque por proyectos contiene una perspectiva experiencial, y supone que los estudiantes aprenden mediante actividades que permiten que las habilidades recientemente adquiridas se apliquen a través de la experiencia personal activa y directa con el fin de iluminar, reforzar y asimilar el aprendizaje cognitivo. Este enfoque tiene su génesis en el movimiento educativo progresista, y a John Dewey (1938 en Posner, 1998) como su principal defensor. Dewey (1938 en Posner, 1998) articuló dos corrientes dentro del movimiento progresista: una nueva preocupación por los intereses y el desarrollo de los niños y una convicción en el poder de la educación para mejorar la sociedad. Estas dos corrientes se unieron en la teoría progresista de la educación experiencial y ejemplificadas con el enfoque de proyectos de la organización curricular. Los currículos centrados en proyectos resaltan las experiencias vividas por los estudiantes relacionándolas con el “mundo real”, en particular con la vida social de la comunidad, y no con el contenido del tema de estudio tradicional. A través de estas experiencias, los estudiantes desarrollan su intelecto y las actitudes y habilidades necesarias para participar en una sociedad democrática y mejorarla. Las bases epistemológicas de este enfoque se sustentan en la ideas de Dewey (1938 en Posner, 1998), las cuales planteó en dos formas: (1) en su elaboración del método científico dentro del contexto de la filosofía pragmática y, (2) con su elevación del conocimiento social, experiencia que comparten los grupos más amplios, hacia una posición dominante. El método científico o de “solución de problema” empieza con un problema. Una persona desarrolla una idea en un intento de resolver algún problema, prueba la idea a través de alguna acción o experiencia en el mundo y después reflexiona sobre los efectos de esa acción. Esa reflexión genera una idea nueva o revisada y el proceso continúa en ciclos sucesivos de pensamiento-acción-reflexión. Para Dewey (1938 en Posner, 1998), los conceptos en la

mente y las experiencias en el mundo tienen una relación interactiva, uno modifica constantemente al otro. En los principios organizacionales estos currículos no siguen un principio específico de secuenciación, ya que los estudiantes y el profesor deben decidir conjuntamente, a medida que avanzan, qué proyectos y actividades realizar. No obstante, el enfoque de proyectos sí ofrece alguna guía general en la organización: la secuencia de currículo debe permitir a los estudiantes progresar a través de tipos de conocimiento, habilidades y actitudes cada vez más complejos a medida que trabajan en sus proyectos. Este enfoque ofrece un principio organizacional de desarrollo, en el cual se da a los estudiantes una responsabilidad creciente a medida que progresan a través de las actividades del currículo. El desarrollo de la estructuración curricular de este enfoque contrasta con el énfasis más tradicional en organización lógica o disciplinaria. Respecto a la estructura del contenido, en general, la configuración del currículo tiende a ser más bien plana y cíclica, pero busca el crecimiento del estudiante a través de actividades experienciales, que remiten a fuentes de contenido similar en forma repetida, en proyectos cada vez más sofisticados y avanzados en su desarrollo. En este sentido, puede decirse que el enfoque de proyectos tiene una configuración de contenido en espiral a lo largo de líneas de desarrollo. Los principales postulados de este enfoque son los siguientes:

1.- *Epistemológico*. El método científico ofrece un modelo de la forma en que pensamos y, por consiguiente, debe utilizarse para estructurar experiencias educativas. Este método consta de ciclos recurrentes de pensamiento-acción-reflexión. El conocimiento de mayor valor es el conocimiento social. Un enfoque del aprendizaje centrado en proyectos, interdisciplinario y experiencial permite a los estudiantes obtener de la mejor forma habilidades, actitudes, y el conocimiento necesario para participar en una sociedad democrática.

2.- *Psicológico*. La enseñanza escolar debe tratar de educar integralmente a la persona. La gente aprende haciendo; los estudiantes adquieren nuevas habilidades y actitudes a través del ensayo de éstas en actividades que ellos dirigen y que encuentran relevantes y significativas.

3.- *Propósito educativo*. La educación debe ayudar a los estudiantes a reconstruir o a reorganizar su experiencia, de tal manera que puedan contribuir a la mayor experiencia social. El crecimiento y desarrollo del estudiante son fines centrales, más que hechos de

enseñanza, estructura disciplinaria, o habilidades intelectuales, excepto en la medida en que sean necesarios para los proyectos de estudiantes.

4.- *Currículo*. Debe haber congruencia entre el currículo y los intereses y necesidades de desarrollo de los estudiantes. El contenido debe ser interdisciplinario y basarse en material pertinente, así como proporcionar oportunidades para que los estudiantes apliquen los nuevos aprendizajes a las actividades del “mundo real”.

5.- *Desarrollo curricular*. Los estudiantes y los profesores deben desarrollar conjuntamente currículos que sean pertinentes a los intereses y necesidades de los estudiantes. No es preciso que participen “expertos”.

## **2.2. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias**

En los siguientes apartados se exponen aspectos relacionados a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en general y de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en la educación infantil en particular. De manera general, se discuten la perspectiva constructivista acerca de la construcción del conocimiento en la educación científica, específicamente la perspectiva socioconstructivista que considera los aspectos sociales y la importancia de los conocimientos previos en la construcción del conocimiento científico. De la misma forma se analiza el papel que desempeña el contexto de aprendizaje desde esta perspectiva, resaltando la importancia del ambiente de aprendizaje, el papel de la interacción y el trabajo colaborativo, así como el papel que desempeñan las herramientas psicológicas y tecnológicas en la construcción del conocimiento. Asimismo se analizan las diferentes teorías que consideran el aprendizaje como un proceso de cambio conceptual. Y, de forma particular, se discuten los aspectos más relevantes que ha proporcionado la investigación con respecto a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y su incidencia en la educación infantil.

### **2.2.1. La construcción del conocimiento en la educación científica. Perspectivas constructivistas**

El constructivismo es una teoría que ha tenido mucha influencia en la educación científica y en la época de los años 90 fue reconocida como el “paradigma del cambio”

(Matthews, 1998; 2002). Esto ha dado lugar a la propuesta de muchas formas de constructivismo de acuerdo a diferentes ramas como la educativa, la filosófica y la social (Phillips, 1995; Matthews, 1998). En este estudio se discute el constructivismo educativo,<sup>1</sup> que considera las teorías pedagógicas y del aprendizaje, y se hace una breve reseña de sus diferentes perspectivas, resaltando los aspectos sociales y personales. De la misma manera se discute la perspectiva social del constructivismo en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia.

### **2.2.1.1. Los diferentes constructivismos**

El constructivismo educativo ha tenido sus raíces en tradiciones filosóficas y psicológicas, lo que ha dado lugar a diversos enfoques. Por una parte, el constructivismo se considera como una perspectiva epistemológica que trata de comprender y explicar la naturaleza del conocimiento, cómo nace y cómo se desarrolla, y una de las principales diferencias en los diferentes enfoques tiene que ver con la cuestión ontológica acerca de la realidad. La perspectiva epistemológica del constructivismo emerge contra las posiciones empíricas y racionalistas, que consideran que el conocimiento verdadero debe ser una representación ajustada de un mundo real que se concibe como una entidad con existencia separada e independiente de quien conoce (von Glasersfeld, 1993, 1995). En el constructivismo, por el contrario, el conocimiento se considera como una construcción subjetiva, en la que la realidad no es una entidad absoluta e independiente de quien conoce. En este sentido, Tobin y Tippins (1993) consideran al constructivismo como una forma de realismo al considerar que la existencia de la realidad se reconoce desde fuera. Otra posición es la que enfatiza que el conocimiento no puede estar separado del que conoce y, por lo tanto, no representa al mundo (von Glasersfeld, 1993, 1995). Por su parte, Driver y Bell (1986) aceptan que el conocimiento científico es, en cierto sentido, acerca del mundo, pero, además, sostiene es acerca de las ideas, conceptos y teorías utilizados para interpretar el mundo, por lo que se debe distinguir entre un mundo de ‘impresiones sensoriales’ y un mundo de ‘ideas y conceptos’.

---

<sup>1</sup> Matthews (2000), hace referencia a tres tradiciones constructivistas: constructivismo educativo, constructivismo filosófico y constructivismo social.

Estas diferentes perspectivas epistemológicas han dado lugar a distintas interpretaciones y versiones del constructivismo (Marín et al., 1999; Matthews, 2000, 2002), que, según Matthews (1998, 2000), Osborne (1996) y Solomon (1994), no siempre han estado fundamentadas sólidamente y han significado diferentes cosas para diferentes investigadores<sup>2</sup> (Matthews, 2000). A este respecto, Gil-Pérez (2003) hace un análisis de las posiciones constructivistas que han incidido en la educación científica en particular, estableciendo que esta perspectiva ha proporcionado numerosas contribuciones a la enseñanza de la ciencia en las últimas décadas. Brevemente, podemos caracterizar las diferentes perspectivas constructivistas de la siguiente manera (Marín et al., 1999):

*Constructivismo piagetiano.* Tiene como referente los postulados y teorías de la epistemología genética de Piaget (1970).

*Constructivismo social.* Se configura principalmente a partir de los problemas que tienen los niños para comprender ciencias. Se apoya en la epistemología científica de Kuhn (1972), Lakatos (1978), Toulmin (1972), Laudan (1977), etc., y en teorías sobre el conocimiento individual (Kelly y Keil, 1985) y procesamiento de la información (Ausubel, 1964; Vygotsky, 1978; etc.).

*Constructivismo humano.* Se deriva de una visión particular de la psicología cognitiva (Ausubel), matizada con concepciones epistemológicas (Toulmin, 1972 y Kuhn, 1972) y algunas inclusiones en los estudios sobre neurobiología cerebral (Novak, 1988).

*Constructivismo radical.* Parte de un determinado posicionamiento ontológico y epistemológico del conocimiento en el plano filosófico (von Glasersfeld, 1995).

### **2.2.1.2. Aspectos personales y sociales del constructivismo**

En la educación científica la perspectiva del constructivismo social o socioconstructivismo es la que ha tenido mayor influencia en la investigación y la

---

<sup>2</sup> Marín-Martínez y otros (1999) discuten ampliamente las controversias entre las diferentes corrientes constructivistas en la didáctica de las ciencias.

comunidad escolar, influyendo asimismo en un gran número de documentos curriculares y declaraciones educativas (Matthews, 2000, 2002). El punto central de esta perspectiva es la idea que las concepciones que tiene cada individuo guían su comprensión, por lo que el aprendizaje no se ve como una transferencia de conocimiento. En esta perspectiva se considera que el que aprende construye activa o, incluso, creativamente su conocimiento sobre la base del que previamente tiene. De la misma forma, la construcción del conocimiento no es sólo vista como un proceso individual o construido fuera de la experiencia del individuo.

La construcción del conocimiento se deriva también de intercambios socialmente orientados. Las perspectivas socioconstructivistas reconocen el proceso individual, pero sostienen que el conocimiento tiene aspectos sociales significativos, ya que se distribuye y comparte por los miembros de una comunidad, de tal manera que es un proceso que se encuentra entre lo individual y lo social (Duit y Treagust, 1998). Esta idea sostiene que los niños construyen el conocimiento más que absorberlo pasivamente y que este conocimiento se construye individualmente en un contexto sociocultural (Lorsbach y Tobin, 1992).

En la perspectiva personal del constructivismo, el aprendizaje se considera como un desarrollo conceptual descrito en los términos de la teoría de Piaget (1929) o como la construcción de modelos mentales (Duit y Treagust, 1998). Por otra parte, el constructivismo social sostiene que, aunque los individuos tienen que construir sus propios significados acerca de una nueva idea, el proceso de construcción de estos significados está siempre embebido en un contexto social particular del cual forman parte (Tobin, 1993; Treagust et al., 1996).

La perspectiva social del constructivismo tiene sus orígenes en el trabajo de Vygotsky (1986) sobre la adquisición del lenguaje. En esta perspectiva se resalta la importancia del grupo, ya sea en un aula de clase o en la cultura en general, para la validación de las ideas. El aprendizaje se da en un contexto social en el que los niños comparten sus ideas con sus compañeros en un grupo. De esta forma, el conocimiento se construye y modifica por los individuos en un contexto grupal, y el aprendizaje no es simplemente el acto de un aprendizaje individual, sino el producto de las interacciones sociales entre los individuos del grupo (Barba, 1995). En este sentido, el contexto social

es una parte integral de las actividades de aprendizaje, donde el conocimiento se construye a través de las interacciones sociales (Tobin y Tippins, 1993) y los significados de los conceptos aceptados científicamente se negocian (Hand et al., 1997).

En general, las teorías constructivistas sostienen que el aprendizaje es un proceso continuo, donde los que aprenden toman la información del medio y construyen sus interpretaciones y significados individuales basados en conocimientos y experiencias anteriores (Driver y Bell, 1986; Roth 1995). Por otra parte, consideran que los individuos construyen el conocimiento actuando física y mentalmente sobre los objetos o fenómenos naturales (Piaget, 1970) y a través de interacciones sociales con los miembros de la comunidad (Vygotsky, 1986). Aunque los niños construyen conocimientos por sí mismos, el significado personal no se construye aisladamente de los otros (Bishop, 1985; Rogoff, 1990). El aprendizaje implica una construcción personal de significados, así como una significación negociada socialmente (Cobb, 1990), por lo tanto, el aprendizaje de la ciencia está en parte influido por las ideas y los conocimientos personales que los niños construyen acerca del mundo.

Tanto la perspectiva personal como la social proporcionan ideas importantes acerca del aprendizaje de los niños (Shepardson, 2002) sin limitarse a la actividad grupal o a la actuación de los individuos en solitario (Anderson et al., 2000). Sin embargo, en la educación científica ha habido una tendencia a no considerar los aspectos sociales en el proceso de construcción del conocimiento, enfatizando la construcción individual (Shepardson, 2002). Por su parte, Cobern (1993) sostiene que el constructivismo es un modelo de aprendizaje epistemológico y que la enseñanza constructivista es la mediación.

### **2.2.1.3. La enseñanza y el aprendizaje de la ciencia desde la perspectiva socioconstructivista**

La perspectiva constructivista personal ha tenido desde hace tiempo una poderosa influencia en la educación científica y en la investigación educativa, y continúa manteniendo una posición de cierta significancia tanto en la enseñanza como en la investigación, aunque últimamente se ha incrementado el énfasis en la noción de la construcción social del conocimiento (Robbins, 2005). La implementación de los

enfoques socioconstructivistas de la enseñanza en la educación científica (Posner et al., 1982; Hewson y Hewson, 1984; Osborne y Freyberg, 1985; Driver y Oldhman, 1986) ha proporcionado una guía conceptual inicial y direcciones para la implementación del currículo centrado en una perspectiva que señala la importancia de las interacciones entre los niños y los profesores en la construcción de conocimiento científico (Hand et al., 1997), y resalta la significación de los aspectos sociales en la construcción del conocimiento (Henessy, 1993; Metz, 1998). En las siguientes secciones se discuten los aspectos más relevantes de la perspectiva socioconstructivista.

### ➤ **Los aspectos sociales en la construcción del conocimientos científico**

Como se mencionó anteriormente, los aspectos sociales en la construcción del conocimiento tienen su origen en el enfoque sociocultural sobre la enseñanza y el aprendizaje de Vygotsky (1978, 1986). En sus trabajos, Vygotsky señalaba la necesidad de desarrollar una pedagogía que mirara más allá del desarrollo del niño en lugar de situarse en el pasado (Fleer, 2002). La perspectiva vygotskyana está centrada en una relación entre las funciones mentales humanas y las situaciones culturales, institucionales e históricas en las que se dan estas funciones mentales (Wertsch et al., 1995). Esta perspectiva sostiene la idea que el aprendizaje es más que una construcción individual y resalta que la construcción de significados se da en un contexto de participación en el mundo real (Fleer, 2002). Para Moll (1990), los elementos clave de la teoría vygotskiana son: 1) la actividad social y la práctica cultural como recursos del pensamiento; 2) el papel de la mediación en el funcionamiento psicológico; 3) la pedagogía como un punto importante en el desarrollo; y 4) el aspecto inseparable de lo individual de lo social.

Estos elementos aplicados a la práctica educativa se traducen en la ideas de la Zona de Desarrollo Próximo y que la enseñanza y el aprendizaje se dan en contextos creados socialmente. De la misma forma, se pone énfasis en el uso colaborativo de los medios en los que los niños se implican a través de actividades colaborativas en un contexto social específico (discurso), y que es creado mutua y activamente por el profesor y el niño (Moll y Whitmore, 1993). Estas ideas se discuten de forma más amplia a continuación.

**a) La transformación de las actividades o fenómenos sociales en fenómenos psicológicos**

Una idea central que emerge del trabajo de Vygotsky es que las funciones mentales más altas del individuo tienen su origen en las interacciones sociales con los demás (Wertsch, 1990; Wertsch y Toma, 1995). Vygotsky introdujo el término *interiorización* para describir el proceso en el cual el aprendizaje de los conceptos conlleva la transformación de un proceso o concepto *interpersonal* (entre los miembros de un grupo) a un proceso o concepto *intrapersonal* (en la mente del individuo). De esta forma, la *interiorización* es un proceso de apropiación personal de la cultura que resulta de un periodo de ‘participación guiada’ en palabras de Newman, Giffin y Cole (1989). Un segundo tema en el trabajo de Vygotsky (1978) es que un aspecto esencial para comprender los procesos sociales y psicológicos humanos es el de las herramientas y los signos, incluyendo el discurso, usados para mediarlos (Wertsch, 1990; Wertsch y Toma, 1995).

De acuerdo con Vygotsky (1978), el desarrollo de la palabra está asociado al desarrollo conceptual y requiere el movimiento de los conceptos cotidianos a los escolares o científicos (Wertsch, 1990). Los conceptos cotidianos están muy relacionados con la palabra o el nombre de los objetos y, por el contrario, los conceptos científicos son sistemáticos, se consideran independientemente de la imagen inmediata creada por la palabra que los representa, y pueden ser manipulados en la mente (Gallimore y Tharp, 1990). Vygotsky (1978) describió el lenguaje como una herramienta cultural (para desarrollar y compartir el conocimiento entre los miembros de una comunidad o sociedad) y psicológica (para estructurar los procesos y contenidos del pensamiento individual). Propuso que existe una estrecha relación entre estos dos tipos de uso del lenguaje que pueden resumirse de la siguiente manera: la actividad *intermental* (social, interaccional) promueve el desarrollo de las capacidades cognitivas *intramentales* (individuales) más importantes a través de la participación de los niños en actividades compartidas que generan nuevos conocimientos y formas de pensar. Durante el desarrollo de estas capacidades, el lenguaje sirve como un mediador clave tanto en el plano inter-psicológico como intra-psicológico.

## **b) La negociación de significados: la zona de desarrollo próximo, interacción social y aprendizaje**

Un aspecto derivado del proceso de *interiorización* es el de la mediación en la *zona de desarrollo próximo*. A este respecto, Vygotsky (1978) establece que durante los intercambios comunicativos los individuos negocian significados y construyen conocimientos conjuntamente. Este proceso es crucial para promover el progreso de los niños a través de *zonas de desarrollo próximo (ZDP)*. Vygotsky (1978) definió la ZDP como:

*“la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz”* (Vygotsky, 1978, p. 86).

Vygotsky desarrolló esta idea para comprender mejor el aprendizaje, la instrucción y el desarrollo, y para ayudar a incrementar la comprensión de la evaluación de las habilidades intelectuales de los niños (Werstch, 1985). La ZDP es el eje del enfoque vygotskiano sobre la relación que existe entre la instrucción y el desarrollo (Luckin, 1999), y es una forma de llevar a cabo una evaluación dinámica del potencial de los niños a través del rendimiento de sus habilidades colaborativas (Vygotsky, 1986). La ZDP se considera también como algo que debe crearse a través de la interacción social y que se negocia entre el docente y los niños (o entre los niños y otros compañeros) (Lantolf, 1993). Un aspecto fundamentalmente importante de la ZDP es la necesidad de colaborar o la asistencia de una persona más capaz. En este sentido, el docente actúa como un asistente que provee al niño actividades apropiadas y el apoyo suficiente (Becker y Varelas, 1995). Este enfoque de asociación, sin embargo, no tiene que ser exclusivamente dirigido por el docente o por el alumno: ambos participan, por lo que hay un esfuerzo mental por parte del niño así como asistencia por parte del profesor.

Enseñar en la ZDP implica incluir a los niños en prácticas socioculturales en las que puedan aprender lo que se propone. Todos los niños deben participar en el proceso de construir significados dentro de la comunidad de aprendizaje, en la que el impacto cultural estará garantizado por el profesor: tanto el profesor como el niño deben

participar en una negociación de significados compartidos (van Oers, 1996). El profesor actúa como un compañero proporcionando actividades apropiadas y asistencia. En este proceso las interacciones verbales que median la actividad del niño no sólo facilitan la actividad sino que le dan forma y la definen (Wertsch, 1990), funcionando como una herramienta para que el niño vea, actúe, hable y piense acerca de los fenómenos científicos. En el aprendizaje de las ciencias los niños deben participar en interacciones verbales con un individuo con más conocimiento, donde las palabras median la formación de la estructura intrapsicológica, como una forma de ver y actuar primero, y como una forma de hablar y pensar acerca de los fenómenos científicos, después.

La idea de la ZDP se ha desarrollado de diferentes maneras en la educación científica. Por ejemplo, Wood, Bruner y Ross (1976) han desarrollado la idea de *andamiaje* (*scaffolding*), la cual refleja el carácter dinámico de la ZDP. El *andamiaje* se refiere a los mecanismos específicos utilizados por los adultos y por los niños durante una participación guiada, los cuales consisten en una variedad de ayudas físicas y/o verbales e indicaciones orientadas a facilitar el progreso de los niños. Este mecanismo dinámico proporciona al niño un sistema de apoyo temporal, que se va reduciendo gradualmente a medida que el niño va siendo progresivamente más capaz de resolver los problemas por sí mismo y de ser más experto en un dominio particular (Bruner, 1985; Mercer, 1996; Wood, Bruner, y Ross, 1976).

Por otra parte, basándose en el aprendizaje cooperativo y el andamiaje, Brown y Palincsar (1989) han desarrollado un procedimiento denominado *aprendizaje recíproco* diseñado para introducir a los niños en técnicas de discusión grupal a partir de la lectura de textos. El grupo proporciona un apoyo social y experiencias compartidas, y el docente proporciona un andamiaje experto cuando intenta moderar las discusiones de los niños.

Tharp y Gallimore (1992) desarrollaron la idea de *mejora asistida*, la cual define lo que el niño puede hacer con ayuda, con el apoyo de medios, de los otros, y de sí mismo. De esta forma, la distancia entre la capacidad individual del niño y la capacidad de mejorar con ayuda, es la ZDP. Otra idea relacionada con la ZDP es el proceso denominado *participación guiada* (Rogoff, 1990). Esta participación guiada implica a los niños, profesores y compañeros en un proceso colaborativo que consiste en: a) construir puentes desde el nivel de comprensión y destreza del niño hacia otros niveles

más complejos, y b) organizar y estructurar la participación de los niños de forma dinámica en actividades ajustándose a las condiciones del momento. La *participación guiada* considera el conocimiento compartido y la resolución de problemas en equipo, y permite que los niños comprendan mejor y se desenvuelvan con más habilidad en la resolución de problemas de su comunidad (Rogoff, 1990).

Estas nociones post-vygotskianas de la enseñanza y el aprendizaje sugieren que el aprendizaje tiene lugar como resultado de una guía deliberada del niño hacia el desarrollo de sus capacidades a través de la participación en actividades en una comunidad de práctica. Estos enfoques del aprendizaje enfatizan su naturaleza social al considerarlo un proceso en el que la construcción del conocimiento es inter e intrapersonal. En esta perspectiva el aprendizaje media a través de la participación individual activa y la participación en prácticas sociales, y no es el resultado de una simple transmisión de conocimientos (Kumpulainen y Mutanen, 1999).

#### ➤ **Los conocimientos previos**

Otro aspecto relevante en la teoría socioconstructivista, la cual enfatiza la importancia de los procesos sociales en la construcción del conocimiento individual, es el papel que desempeñan los conocimientos previos en este proceso de construcción. El aprendizaje implica el desarrollo de nuevas interpretaciones en la medida en que los niños relacionan nueva información con sus conocimientos pre-existentes y sus experiencias personales (Resnick, 1989). Por tanto, los conocimientos previos determinan los subsecuentes aprendizajes (Driver y Bell, 1986). El hecho que la construcción del conocimiento se relacione con los conocimientos previos hace que el aprendizaje en contextos sociales sea particularmente importante, ya que la diversidad de ideas previas de los niños puede utilizarse durante la interacción, de modo que la contribución de cada miembro sea utilizada como una fuente más amplia para generar la construcción del conocimiento del grupo en general (Kumpulainen y Mutanen, 1999). La consecuencia del papel que desempeñan los conocimientos previos en la construcción de nuevos conocimientos es que las actividades de aprendizaje, cualquiera que sea su naturaleza, tienen que ser planificadas de tal forma que tengan en cuenta las ideas de los niños y que, a través de la retroalimentación y el diálogo, se promueva la

comprensión de la perspectiva científica. A este respecto, un principio que guía los esquemas de enseñanza es que los niños deben tener la oportunidad de reflexionar sobre estas ideas y hablar acerca de sus propias comprensiones en la medida en que progresa el proceso de enseñanza. Este principio da lugar a la inclusión de estrategias tales como la discusión en pequeños grupos, así como nuevas formas de interacción entre el docente y los niños utilizando preguntas abiertas y animando a los niños a que participen en estas discusiones (Scott y Driver, 1998).

### **2.2.2. El contexto de aprendizaje desde la perspectiva socioconstructivista**

Según la perspectiva socioconstructivista, el aprendizaje media en la escuela a través de las interacciones sociales entre los miembros de la comunidad de aprendizaje en la medida en que participan en las actividades de aprendizaje. El aprendizaje de los niños está influido por las actividades organizadas socialmente en el aula, donde sus acciones y comprensiones están basadas en el contexto de las acciones y comprensiones de los otros miembros (compañeros y profesor) que participan en la actividad. Más aún, el aprendizaje está influido por la naturaleza y objetivos de la actividad, y por las normas y prácticas de la comunidad (Rogoff, 1990). En esta sección se discute el papel que desempeñan la interacción y el trabajo colaborativo, así como el papel que tienen las herramientas psicológicas y técnicas en un ambiente de aprendizaje. Se discuten, además, las implicaciones de la perspectiva socioconstructivista en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

#### **2.2.2.1. El ambiente de aprendizaje**

Los objetivos tradicionales en la enseñanza de las ciencias han enfatizado la transmisión de contenidos a través de las clases de ciencias. Los cambios que se han llevado en la educación científica se han enfocado para desarrollar actividades de laboratorio como una forma de aprender ciencias más significativamente. Estos enfoques se basan en la idea que la estructura de la naturaleza de la ciencia se revela por sí misma cuando los niños realizan actividades prácticas, y esto ha dado lugar al desarrollo de la perspectiva del aprendizaje por descubrimiento. Debido a la ineficacia de estos enfoques en la práctica educativa, varios investigadores han propuesto el

desarrollo de nuevos ambientes de enseñanza-aprendizaje compatibles con las perspectivas constructivistas y socioconstructivistas acerca del conocimiento y del aprendizaje (Keinonen, 2005).

Un modelo basado en estas perspectivas es el de *aprendizaje situado*. El *aprendizaje situado* se describe como ‘una forma de enseñar abstracciones’ (Clansey, 1992), y puede entenderse como la ‘apropiación’ del conocimiento en la práctica de acuerdo a los significados socioculturales de mediación y formas de actividad (Harley, 1993). Los principales elementos de este enfoque son el contexto, el aprendizaje y el conocimiento (las abstracciones), y se basa en una ‘ley general del desarrollo cultural’ expresada en el trabajo de Vygotsky (1978). Este autor, como se ha mencionado previamente, ha resaltado que las funciones mentales más altas del niño, que requieren el uso de conceptos científicos abstractos, se originan en contextos sociales. Su adquisición, que es el objetivo de la instrucción, es a través de la interiorización de las herramientas y símbolos que median las interacciones en este contexto.

En el enfoque del aprendizaje situado, el contexto se refiere al medio ambiente en el que se llevan a cabo las actividades de aprendizaje y las abstracciones (conceptos y explicaciones científicos) que son objeto de aprendizaje en la escuela (Luckin, 1999). El contacto de los niños con los conceptos científicos proporciona el sistema en el cual los conceptos cotidianos, presentes aun en la mente del niño, pueden relacionarse. La enseñanza y el aprendizaje es una empresa interactiva, en la cual las herramientas y los símbolos que tienen lugar en la interacción entre las diferentes partes, moldean el posterior desarrollo de los niños (Vygotsky, 1986). El lenguaje de los profesores y sus acciones no son las únicas formas de mediación. La adquisición por parte de los niños de los conceptos científicos requiere la mediación de los conceptos espontáneos que los niños tienen, y es aquí donde el profesor juega un rol fundamental (Luckin, 1999).

Existe numerosa literatura derivada de los trabajos de Vygotsky en la que se sostiene que el aprendizaje debe considerarse primordialmente como un fenómeno cultural, que implica la apropiación, por parte de los niños, de herramientas discursivas que les permitan acceder a formas compartidas de ver el mundo. Los estudios, desde las perspectivas socioculturales y del aprendizaje situado, ponen énfasis en la forma en la que ambientes de aprendizaje particulares influyen en la construcción conjunta de

significados (Driver, Asoko, Leach, Mortimer y Scott, 1994; Hennessy y Murphy, 1999). En estos estudios se considera el aprendizaje en términos de un desarrollo secuencial de conceptualizaciones sofisticadas en un dominio específico que se van incrementando paulatinamente (Driver, Leach, Scott, y Wood-Robinson, 1994). Las formas sociales de interacción se ven como situaciones efectivas de aprendizaje para que los niños expresen, descubran y construyan su conocimiento en niveles cada vez más abstractos (Light et. al., 1994). Los niños aprenden a través de las relaciones sociales facilitadas por el docente en un proceso de mediación, que incluye la forma en la que implica a los niños y el contexto que se crea para que los niños apliquen sus nuevas formas de conocer. Los profesores median la construcción del conocimiento, facilitando, guiando y apoyando, participando activamente y evaluando a través de los roles que los niños desempeñan en el contexto de las actividades (Moll y Whitmore, 1993). El objetivo de la mediación es hacer conscientes a los niños de cómo manipulan los materiales y las ideas, y de cómo aplican el conocimiento.

Las implicaciones que la perspectiva vygoskiana tiene para la enseñanza es que no se considera a los niños como individuos esencialmente solitarios que elaboran significados y modelos de la realidad a partir de un pensamiento lógico basado en observaciones y manipulaciones de los objetos, sino que, por el contrario, se les considera participantes de un empresa conjunta en la que los significados se construyen a partir de las interacciones con otras personas y se median a través del lenguaje (Mason, 1998) y otras herramientas.

Este enfoque aplicado en la enseñanza de las ciencias resalta el lenguaje como una herramienta para promover y apoyar el desarrollo del pensamiento y del conocimiento. Por lo tanto, los niños deben tener la oportunidad de utilizar su propio lenguaje para razonar y comunicarse en la medida que aprenden gradualmente el lenguaje especial de la ciencia y las formas de pensamiento utilizadas por los científicos para explicar los fenómenos naturales (Howe, 1996). Una sala de clase debe considerarse como un sistema sociocultural en la que el discurso juega un rol crucial. En particular, las discusiones grupales (entre el profesor y los niños, y entre los mismos niños) acerca de contenidos de aprendizaje específicos, cuyo objetivo sea la motivación para indagar y transformar los resultados de las indagaciones en nuevo conocimiento, son contextos en los que se promueve el desarrollo de un discurso razonado y

colaborativo (Mason, 1996; Pontecorvo, 1990). El razonamiento colaborativo y la argumentación sobre un objeto de conocimiento específico involucra a los participantes en los procesos de argumentación presentes en las diferentes prácticas científicas. El iniciar a los niños en estrategias argumentativas promueve el desarrollo de operaciones epistémicas, las cuales son procedimientos cognitivos que caracterizan el lenguaje utilizado en la construcción del conocimiento científico y cuyo uso permite alcanzar niveles de comprensión más elevados (Brown y Campione, 1994; Mason, 1996). Los aspectos de la interacción social, el trabajo colaborativo y el papel que desempeñan el lenguaje y otras herramientas, se discuten más ampliamente en las siguientes secciones.

#### **2.2.2.2. El papel de la interacción y el trabajo colaborativo**

La pedagogía vygotskiana considera que tanto los profesores como los niños se implican en un proceso de construcción activa del conocimiento a través de sus interacciones en el tiempo, el espacio, los objetos y las personas. El aprendizaje se considera un proceso activo por parte del niño que se conduce a través de interacciones sociales significativas (Hedges, 2000). Bajo esta perspectiva, el profesor es el promotor del aprendizaje de los niños al colaborar con ellos involucrándolos en participaciones guiadas, exploraciones y reflexiones individuales (Nuttall, 2003).

En el aprendizaje de las ciencias los niños han de implicarse en actividades sociales y participar en el discurso científico que conduce a la formación o reestructuración del plano intrapsicológico. Los conceptos científicos se negocian primero entre el profesor (con más conocimiento) y el niño, a través de la actividad social, para que el niño los internalice en una actividad individual. A través de una actividad interpsicológica los niños se apropian de un modo de mirar, hablar, actuar y pensar acerca de los conceptos y fenómenos científicos. En este sentido, el lenguaje es una herramienta psicológica para mirar, hablar, actuar y pensar (Shepardson, 1999), y el objetivo de la interacción profesor-alumno es facilitar la interiorización de las herramientas físicas y cognitivas por parte de los niños (Wertsch y Stone, 1985).

En varios estudios se ha reconocido el potencial del trabajo colaborativo en la escuela para promover y apoyar los procesos de pensamiento y razonamiento de alto nivel (Pontecorvo, 1990; Pontecorvo y Pirchio, 2000). Esta perspectiva considera que el

aula puede considerarse como una ‘comunidad de aprendizaje socioconstructivista’ (Peasley et al., 1993), donde la colaboración y la revisión de ideas por parte de los niños en conjunto son cruciales para promover el aprendizaje. En este tipo de comunidades la discusión entre los compañeros es un contexto de aprendizaje colaborativo para compartir la información en un proceso de continua negociación y construcción del conocimiento (Brown et al., 1993; Brown y Campione, 1994). Los niños manifiestan externamente sus razonamientos cuando argumentan con alguien más (Pontecorvo, 1990; Pontecorvo y Pirchio, 2000), por lo tanto, los discursos colaborativos orales promueven el aprendizaje (Mason, 1996). Un factor complementario que promueve el razonamiento y el aprendizaje es la confrontación de diferentes puntos de vista al estimular el uso de estrategias metacognitivas cuando los niños reconocen las propias concepciones y las de los otros (Mason y Santi, 1994, 1995). Al proporcionar, intercambiar y comparar las explicaciones verbales, los niños se sienten estimulados a pensar acerca de las teorías más que a pensar con teorías (Kuhn et al., 1988). A este respecto, Kuhn (1993) ha puntualizado que un aspecto esencial que caracteriza el pensamiento científico es la habilidad de coordinar las teorías existentes con nuevas evidencias, generadas de forma deliberada y controlada, es decir, la habilidad de pensar acerca del pensamiento.

Una implicación importante que se deriva de la perspectiva del aprendizaje colaborativo es que puede promover el cambio conceptual Driver et al., (1994a y b). De nuevo, la conciencia metacognitiva de los niños ha de estar implicada en el aprendizaje de nuevos conceptos. Este tipo de conciencia constituye una condición crítica para experimentar el cambio conceptual en las propias estructuras del conocimiento (Vosniadou, 1994). Las discusiones entre los compañeros pueden ser contextos de aprendizaje colaborativo, donde el conocimiento se construye y reestructura para ser compartido racionalmente en un proceso de consenso o de darle significado a la información científica (Meyer y Woodruff, 1995). Como Driver et al., (1994a y b) han señalado, el proceso de aprendizaje colaborativo, en el que los significados y las ideas se negocian, es fundamental en el aprendizaje de las ciencias. Más aún, es más probable que el cambio conceptual se produzca cuando los niños tienen que explicar, articular o definir sus propias posiciones a los otros, y, asimismo, en un nivel de pensamiento metaconceptual durante un proceso colaborativo de construcción del conocimiento (Mason, 1996).

Algunas investigaciones, inspiradas en la teoría sociocultural del aprendizaje, han tratado de identificar diferentes patrones interaccionales que pueden promover el aprendizaje de las ciencias. Mercer (1993); Mercer et al. (2004), Phillips (1992) y Fisher (1993) han mostrado en sus estudios cómo el habla exploratoria y argumentativa son efectivas para fomentar el desarrollo del pensamiento científico y cognitivo de los niños, a diferencia de un discurso procedimental y rutinario. El habla exploratoria incluye una participación constructiva y crítica con las ideas generadas en la discusión, y se caracteriza por establecer declaraciones que se consideran en conjunto. Estas declaraciones se impugnan y contra-impugnan con justificaciones e hipótesis alternativas. En las discusiones exploratorias el conocimiento se hace público y el razonamiento visible.

Wegerif, Mercer y Rojas-Drummond (1999a) han mostrado cómo puede proveerse a los niños de un sólido “andamiaje” a través del lenguaje, y cómo los profesores pueden utilizar estrategias discursivas específicas para promover efectivamente la construcción compartida del conocimiento y el desarrollo de las habilidades intelectuales de los niños. En esta misma línea, analizando la indagación científica de los niños, Metz (1998) ha establecido que el trabajo colaborativo puede aumentar el nivel de la tarea cognitiva que los niños llevan a cabo cuando comienzan a vislumbrar el significado de trabajar juntos y compartir las ideas científicas.

Otra estrategia utilizada para promover la construcción conjunta del conocimiento es el uso de pequeños grupos de trabajo. Algunas investigaciones han mostrado evidencias de los efectos positivos sobre el desarrollo cognitivo y social de los niños al trabajar colaborativamente en pequeños grupos (Cohen, 1994; Rosenshine y Meister, 1994). Esta perspectiva muestra tener además potencial para crear comunidades de aprendizaje en las que los niños pueden participar como iguales en la construcción del conocimiento (Wells y Chang-Wells, 1992). Muchas de las bases teóricas del trabajo en pequeños grupos provienen de nuevo de la perspectiva vygostkiana, en particular de la idea acerca que los niños establecen relaciones cuando interactúan entre ellos, y que las funciones mentales individuales son internalizadas y reestructuradas cuando los niños articulan y defienden sus puntos de vista frente a los de otros. A este respecto Spence (2001) establece que el desarrollo cognitivo individual se

da a través de las interacciones sociales, porque lo que se experimenta a un nivel social cambia y llega a ser internalizado a un nivel individual. Sin embargo, para que los pequeños grupos sean comunidades de aprendizaje efectivas se necesita que sus miembros colaboren para lograr los objetivos compartidos (Tudge, 1990) y participen en un diálogo colaborativo (Barnes y Todd, 1977) que fomente la insatisfacción y/o requiera la explicación o defensa del conocimiento existente (Brown y Palincsar, 1989). La diversidad de los conocimientos previos de los niños y sus experiencias proporcionan una amplia base de recursos para la construcción del conocimiento del grupo, dando oportunidades para reflexionar y construir significados juntos (Teasley, 1995).

### **2.2.2.3. El papel de las herramientas psicológicas y técnicas**

La formación del plano intrapsicológico del niño media a través de lo que Vygotsky (1986) denominó “herramientas”. Para Vygotsky las herramientas incluían las herramientas psicológicas utilizadas para dirigir la mente y las herramientas técnicas utilizadas para detectar cambios en otros objetos (Daniels, 2001).

Las herramientas psicológicas (signos) no cambian en el fenómeno, son una actividad interna que influye en el comportamiento del otro o de uno mismo y son productos socioculturales. Estas herramientas no son independientes de las interacciones sociales y los individuos que se apropian de ellas. En un primer momento, las herramientas psicológicas ayudan al niño a modelar su actividad, y esta actividad puede cambiar o ser reestructurada cuando el niño aprende el uso del lenguaje de tal manera que puede ir más allá de las experiencias previas al planificar futuras acciones (Vygotsky, 1978). En este sentido, Vygotsky (1986) consideraba al lenguaje y a las palabras como las herramientas psicológicas del pensamiento. Estas herramientas psicológicas proporcionan al niño una forma de mirar los fenómenos, así como una forma de hablar, actuar y pensar acerca de los fenómenos. Tomando en cuenta estas consideraciones, para que los niños aprendan ciencias deben apropiarse de las herramientas psicológicas a través de: 1) observar fenómenos; 2) hablar acerca de los fenómenos (participar en el discurso científico); 3) conducir y estructurar actividades; y 4) pensar acerca de los fenómenos.

Por otra parte, las herramientas técnicas son fenómenos orientados, es decir, estimulan los cambios y son un medio para actuar físicamente sobre ellos. Las herramientas técnicas proporcionan a los niños el acceso a las diferentes perspectivas del fenómeno, permitiéndoles observar sus diferentes características o cambiar su apariencia, esto es, les permiten observar. Las herramientas técnicas apoyan a los niños en el aprendizaje de las ciencias al cambiar, ampliar o mejorar sus observaciones, dando lugar a que vean los fenómenos desde una perspectiva o punto de vista diferentes.

La interacción entre las herramientas psicológicas y las herramientas técnicas es una fuerza que media en el aprendizaje de las ciencias. Aunque las herramientas técnicas, tales como microscopios, lupas, balanzas, entre otros, proporcionan a los niños acceso a los fenómenos desde diferentes perspectivas, es sólo a través de las herramientas psicológicas que los niños logran ver los fenómenos de una forma diferente (Shepardson, 1999). El aprendizaje implica considerar diferentes perspectivas, aprender a ver las situaciones desde diferentes puntos de referencia, y las herramientas psicológicas, que se apropian a través de la interacción social, permiten el acceso a nuevos marcos de referencia (Rogoff, 1990).

#### **2.2.2.4. Implicaciones de la perspectiva socioconstructivista en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias**

El aprendizaje de las ciencias está anidado en dimensiones de las actividades sociales, psicológicas y físicas, las cuales proporcionan elementos para la construcción individual de los significados. El aprendizaje de la ciencia requiere que los niños participen en el discurso de la comunidad o en interacciones sociales con individuos que tienen más conocimiento (el profesor o los compañeros) o más recursos disponibles. A través de estas interacciones los niños van teniendo acceso al lenguaje de la comunidad científica como una forma de ver y pensar los fenómenos. La participación de los niños requiere el uso del lenguaje de la comunidad como una herramienta para describir y explicar estos fenómenos, interpretar datos y resultados, así como para plantear y dirigir futuras actividades. Las herramientas psicológicas y técnicas de la ciencia proporcionan a los niños el acceso a diferentes formas de ver, actuar, hablar y pensar acerca de los fenómenos, y dirigir y estructurar actividades (Shepardson, 1999). En el aula, desde una perspectiva sociocultural, el lenguaje desempeña un papel fundamental para que los

profesores apoyen el aprendizaje (Driver, Asoko, Leach, Mortimer y Scott, 1994). Por otra parte, los estudios de Edwards y Mercer (1987) sugieren que la variación en las interacciones alumnos-maestro tienen un profundo efecto en el aprendizaje de los niños y, de la misma forma, Brown (1992) sugiere que diferentes tipos de interacciones afectan significativamente las oportunidades de aprendizaje y por lo tanto el progreso en los niños.

Las actividades y las sesiones de clase deberían ser lo suficientemente variadas e interesantes para motivar la participación de los niños, lo suficientemente nuevas o desafiantes para constituirse como experiencias de aprendizaje significativas, y lo suficientemente fáciles para permitir que los niños logren altos rangos de éxito. El principio de enseñanza basado en la ZDP de los niños implica que éstos necesitarán explicaciones, modelizaciones, guía, y otras formas de asistencia por parte de sus profesores, pero, al mismo tiempo, esta estructuración y andamiaje proporcionados irán disminuyendo en la medida en que los niños van adquiriendo experiencia (Tharp y Gallimore, 1992). Las actividades deben desarrollarse en contextos significativos para que los niños puedan apreciar sus objetivos.

Esta pedagogía constructivista, por lo general, está en desacuerdo con las estrategias de enseñanza que se basan en una “recepción” pasiva del conocimiento y que, con frecuencia, promueven el “aprendizaje de memoria”. En su lugar, la pedagogía constructivista considera los enfoques que demandan una participación activa e intensiva, la interacción y el pensamiento reflexivo. Estas actividades pueden tomar la forma de pequeños grupos de trabajo colaborativos en donde tienen lugar debates; conversaciones; demostraciones o actividades de laboratorio que introduzcan y promuevan el conflicto cognitivo; utilización de tecnologías interactivas; desarrollo de actividades que se realicen con toda la clase; en general, actividades que proporcionen un contexto que fomente la construcción de significados (Keinonen, 2005). En este tipo de planteamiento, parece que a los niños les gusta el trabajo cooperativo en actividades científicas manipulativas en las que seleccionan y utilizan materiales para observar qué sucede con los fenómenos (Pell y Jarvis, 2001), pero los niños pequeños no son demasiado hábiles para llevar a cabo una investigación o encontrar el por qué de los resultados. Ellos observan activamente y se implican en la ciencia a través de

actividades manipulativas y de indagación, por ello este enfoque pedagógico hace que la ciencia sea interesante para ellos (Gibson y Chase, 2002).

### **2.2.3. El aprendizaje de las ciencias como cambio conceptual**

En los últimos años los estudios en educación científica han considerado la perspectiva del aprendizaje como un proceso que explica la construcción del conocimiento científico, es decir, como un proceso de cambio conceptual. El contenido de la ciencia y la forma en la que las relaciones entre las ideas están organizadas juegan un papel muy importante en el proceso de aprendizaje. De este modo se han expuesto muchas descripciones e interpretaciones acerca de cómo las estructuras del conocimiento se desarrollan, funcionan y cambian. A partir de estas descripciones e interpretaciones, el cambio conceptual se define como la reorganización del contenido existente, y no sólo su enriquecimiento e integración de nueva información. Las diferentes teorías que se han propuesto para explicar este proceso se describen a continuación.

#### **2.2.3.1. Consideraciones generales**

La visión del cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias se inspira, en parte, en las concepciones epistemológicas de Kuhn (1972) y Lakatos (1978) sobre el cambio conceptual en la ciencia y en los puntos de vista de Toulmin (1972) sobre la evolución de la ciencia en el marco de una ecología conceptual. Por otra parte, la investigación en el área de la educación científica desde esta perspectiva se ha enfocado en proporcionar un marco teórico que capta el aprendizaje de los conceptos científicos y que se ha utilizado para guiar las intervenciones educativas (Vosniadou, 1999).

En la literatura, el cambio conceptual o reestructuración del conocimiento se explica a partir de, por lo menos, cinco perspectivas teóricas (Harrison y Treagust, 2001): epistemológica (Posner et al., 1982); del desarrollo (Carey, 1985); ontológica (Chi et al., 1994); de la coherencia explicativa (Thagard, 1992); y socio-afectiva (Pintrich et al., 1993). Dentro de algunas de estas perspectivas se presenta la cuestión de si los cambios conceptuales son revolucionarios (Posner et al., 1982) o evolutivos (Dushl y Gitomer, 1991). Otra postura alternativa es la que sostiene que se puede

utilizar un marco multidimensional para interpretar el cambio conceptual de los niños (Tyson et al., 1997).

En la literatura acerca del cambio conceptual se observa que no existe un consenso acerca de su naturaleza (Carey, 1985, 1992; Chi, 1992; Chi et al., 1994; Giere, 1988; Gutiérrez, 1996, 2000; Kuhn, 1972; Lakatos, 1987; Laudan, 1977; Posner et al., 1982; Pozo, 1999; Strike y Posner, 1985; Thagard, 1992; Vosniadou y Brewer, 1992b, 1994; Vygotsky, 1986), sin embargo, existe el consenso general acerca de la necesidad de promocionar el cambio conceptual en los estudiantes, y de la dificultad de comprender cómo se lleva a cabo este proceso (diSessa y Serrín, 1998; Duit et al., 1998; Duschl y Guitomer, 1991; Siegler, 1995; Tyson et al., 1997, Vosniadou, 1997), así como de la necesidad de reestructurar la didáctica de las ciencias con la finalidad de promover este cambio (Driver et al., 1985; Giordan y de Vecchi, 1988; Giordan et al., 1988; Marín, 1999; Greca y Moreira, 1998a, b; Osborne y Freyberg, 1991; Pozo, 1989, 1999; Schnotz y Preuss, 1997).

El modelo de cambio conceptual predominante en la educación científica ha sido el propuesto por Posner et al. (1982). Este modelo de cambio conceptual forma parte de la perspectiva del aprendizaje en la que el conocimiento existente de los niños, así como el contenido y características de las nuevas ideas, juegan un papel muy importante en el proceso de aprendizaje. Posner et al. (1982) propusieron una teoría que intentaba explicar cómo conceptos centrales y organizados en un conjunto cambian a otro conjunto que es incompatible con el primero. Estos autores consideran que el cambio conceptual desde la filosofía de la ciencia está muy relacionado a los patrones del cambio conceptual en el aprendizaje y sugieren que, para que el aprendizaje tenga lugar, el estatus de las concepciones previas en la mente de los niños, debe superarse por el estatus de las concepciones científicas. Posner et al. (1982) proponen dos tipos de cambio conceptual: la *asimilación*, que describe el proceso en el cual los niños utilizan los conceptos existentes para hacer frente a los nuevos fenómenos, y la *acomodación*, que describe el proceso en el cual los niños deben reemplazar o reorganizar sus conceptos centrales. Desde este punto de vista, el cambio conceptual *radical o acomodación* es análogo a la revolución científica de Kuhn (1972). Situándose en este segundo tipo de cambio conceptual, Posner et al. (1982) describen cuatro condiciones para que tenga lugar este tipo de cambio: 1) debe existir insatisfacción con las

concepciones existentes; 2) una nueva concepción debe ser inteligible; 3) una nueva concepción debe aparecer como verosímil inicialmente; y 4) un nuevo concepto debe ser fructífero. Los autores sostienen que una serie de compromisos epistemológicos a los que denominaron “ecología conceptual” (Toulmin, 1972) son el medio para que la inteligibilidad, la plausibilidad y el carácter fructífero conceptual se lleven a cabo. Posteriormente, Strike y Posner (1985) ampliaron la metáfora de la ecología conceptual para incluir anomalías, analogías y metáforas, ejemplos e imágenes, experiencias pasadas, compromisos epistemológicos, creencias metafísicas, y el conocimiento en otros campos. La ecología conceptual proporciona el contexto en el que se da el cambio conceptual (Hewson y Thorley, 1989). Otro aspecto de la ecología conceptual es la necesidad que las ideas tengan consistencia interna y el grado en que puedan ser generalizables.

El uso de constructos tales como el de ecología conceptual, asimilación y acomodación en este modelo de cambio conceptual sugieren una base constructivista y piagetiana. Los aspectos constructivistas de este modelo son interpretativamente compatibles con su metodología de estudio. En este modelo de cambio conceptual se considera que la insatisfacción con las concepciones previas inician el cambio conceptual dramático o revolucionario. Si el niño se encuentra insatisfecho con su concepción previa y una concepción reemplazable disponible es inteligible, plausible y/o fructífera, puede darse la acomodación de una nueva concepción. Una concepción inteligible es sensible si es no-contradictoria y el niño comprende su significado. El que una concepción sea plausible significa que el niño, además que conozca el significado de la concepción, tiene que encontrarla creíble. Y la concepción será fructífera si le ayuda a resolver otros problemas o le permite sugerir nuevas direcciones de investigación.

Hewson y Thorley (1989) y Thorley (1991) sostienen que mucha de la teoría sobre el cambio conceptual puede y debería aplicarse también a revisiones más débiles. Hewson (1982) sugiere que las concepciones que compiten deben cumplir las condiciones de inteligibilidad y plausibilidad antes que la insatisfacción se pueda establecer en cualquiera de ellas. Para Hewson (1982), la insatisfacción es la clave en el cambio de estatus de una concepción, y entiende la insatisfacción como un producto de la interacción entre la inteligibilidad, la plausibilidad y el carácter fructífero de las

concepciones que compiten. El constructo de estatus conceptual que clasifica el estatus de las concepciones como inteligibles (I), plausibles (IP) o fructíferas (IPF) (Hewson, 1982; Hewson y Torley, 1989) es particularmente útil para evaluar los cambios en los niños durante el aprendizaje. Cuando una concepción que compite no genera insatisfacción, la nueva concepción puede asimilarse junto con la inicial y Hewson llamó a este proceso “captura conceptual”. Cuando la insatisfacción entre las concepciones que compiten revela su incompatibilidad (Hewson y Hewson, 1984), pueden suceder dos cosas: si la nueva concepción alcanza un estatus más alto que la concepción inicial, puede tener lugar la acomodación, a la que Hewson llama *intercambio conceptual*; y si la antigua concepción mantiene un estatus más alto, no tendrá lugar el intercambio conceptual. Los niños logran “revoluciones” en su pensamiento en la medida en la que desarrollan concepciones intuitivas más sofisticadas y los principios científicos pueden reincorporarse total o parcialmente en datos o informaciones posteriores.

Esencialmente la teoría de Posner et al. (1982) aborda los cambios en el conocimiento desde una perspectiva epistemológica, ya que no considera simplemente el conocimiento de los niños acerca de los conceptos, sino que incluye explícitamente cada juicio y opinión que los niños hacen acerca de sus propias concepciones, es decir, el estatus de las concepciones en la mente de los niños (Venville, 2004). Esta teoría fue revisada posteriormente (Strike y Posner, 1992) debido al excesivo énfasis que la teoría inicial hacía en los aspectos racionales del aprendizaje, y reconoce la importancia de los aspectos afectivos y sociales en el cambio conceptual. En esta revisión los autores propusieron un amplio rango de factores que necesitan considerarse cuando se intenta facilitar el cambio conceptual en el proceso de aprendizaje.

El modelo de cambio conceptual propuesto por Posner et al. (1982) ha dominado hasta el presente en la educación científica ya que toma explícitamente en consideración los compromisos epistemológicos de los niños en sus concepciones. Este aspecto le proporciona al investigador herramientas de trabajo para introducir las condiciones del cambio conceptual, esto es, la inteligibilidad, plausibilidad, el carácter fructífero de los conceptos y la insatisfacción. Crear relaciones es una característica importante de la teoría del cambio conceptual, ya que, de otra forma, no habría diferencias entre el cambio conceptual y el simple aprendizaje de memoria (Venville, 2004).

Otra teoría que aborda el cambio conceptual desde la perspectiva cognitiva y del desarrollo es la descrita por Carey (1985). Carey (1985) propuso esta teoría a partir de investigaciones realizadas acerca de la reestructuración del conocimiento acerca de los seres vivos de los niños. En esta teoría la autora propone que el desarrollo de los niños implica un cambio fundamental de teorías que se da en un periodo largo de tiempo y que está dirigida por la adquisición de conocimiento dominio-específico. Igualmente argumenta que los niños tienen un conjunto limitado de teorías nucleares, principalmente una teoría del movimiento, una teoría de la materia, y una teoría biológica. Por otra parte, una de sus propuestas se refiere a los cambios en los juicios de los niños durante su desarrollo. Para Carey (1985) los cambios se dan en los tipos de razonamiento de los niños, y también ocurren en la naturaleza y organización del conocimiento que da lugar a estos razonamientos. Es por esta razón que en muchos casos el proceso de cambio conceptual es un proceso lento y multidimensional, y en el que los cambios implican diferentes aspectos del aprendizaje.

Carey (1985, 2000) considera en su teoría conceptos tales como causalidad y la distinción apariencia-realidad, y se refiere a ellos como conceptos base en un rango de dominios. La autora, en su estudio acerca del desarrollo del conocimiento de los niños acerca de los seres vivos, describe cómo se desarrollan estos conceptos base, entre ellos la causalidad. Carey (1985) sostiene la existencia de cambios que pueden ocurrir en la estructura conceptual que implican una simple adición de conocimiento. Este tipo de cambio conceptual se describe como *acumulación de conocimiento* y no es una reestructuración. Alternativamente, hay modificaciones en las estructuras conceptuales que implican más algún tipo de cambio, que una simple adición en las estructuras conceptuales existentes. Este tipo de cambio conceptual se denomina *acumulación de conocimiento que requiere una reestructuración*. En esta perspectiva el cambio conceptual se describe en términos de *reestructuración débil* y *reestructuración fuerte*. Carey (1985) sostiene que durante la infancia se debe promover una reestructuración fuerte del conocimiento. En teoría, Carey (1985) evalúa el cambio conceptual cuando los cambios en las estructuras conceptuales requieren adición del conocimiento, pero no lo hace cuando éstos se refieren a una reestructuración (Havu-Nuutinen, 2005).

Desde otra perspectiva, Vosniadou (1994) desarrolló un marco teórico para capturar y modelar el tipo de cambio conceptual que tiene lugar en el proceso de

adquisición de conocimiento acerca del mundo físico, principalmente en las áreas de la astronomía, mecánica y física térmica. Vosniadou (1994) sostiene que los conceptos están inmersos dentro de estructuras teóricas más amplias que los restringen. Tales restricciones o presupuestos consolidados están organizados en una *teoría marco o física intuitiva global*, que no está disponible para hacerla conciente y someterla a una prueba de hipótesis. Para Vosniadou (1994, 1999, 2002, 2003) una teoría marco es un sistema explicativo con alguna coherencia, pero generalmente carece del carácter sistemático, de la abstracción y la naturaleza social/institucional de una teoría científica. Una teoría marco intuitiva en el campo de la física se construye en los primeros años de la infancia y está formada de ciertas presuposiciones ontológicas y epistemológicas fundamentales, que reflejan compromisos ontológicos básicos de los niños y son sistemas conceptuales que éstos construyen para interpretar sus observaciones del mundo y de la información que les proporciona su cultura. Estas teorías marco limitan el proceso de adquisición del conocimiento acerca del mundo físico, afectando el pensamiento de los niños, que incluye presupuestos epistemológicos no reconocidos (Vosniadou, 2002; 2003). Dentro de las teorías marco están las teorías específicas que describen la estructura interna del dominio conceptual, dentro del cual se incluyen los conceptos que consisten en un conjunto de proposiciones o creencias que describen las propiedades y comportamientos de un fenómeno. Estas teorías específicas de un dominio conceptual dado están restringidas por la teoría marco global, la cual consiste de presupuestos ontológicos y epistemológicos consolidados.

La teoría de las estructuras cognitivas de Vosniadou (1994) se construye a dos niveles: el nivel de la teoría específica y el nivel de la teoría marco. De este modo, su teoría de cambio conceptual implica una *revisión del conocimiento* en cada uno de estos niveles. Vosniadou (1994) asume que el cambio conceptual tiene lugar a través de modificaciones graduales de los modelos mentales que los niños tienen acerca del mundo físico, y que se lleva a cabo por *enriquecimiento* o por *revisión*. Los modelos mentales son representaciones individuales de los procesos o cosas reales del mundo, y, por lo general, son incompletos, inestables y no científicos (Norman, 1983). En este sentido, el *enriquecimiento* requiere de la adición de información a las estructuras conceptuales existentes y la *revisión* se refiere a cambios en las presunciones o creencias individuales o cambios en la estructura relacional de una teoría. La revisión puede tener lugar a nivel de la teoría específica o a nivel de la teoría marco. La revisión

a nivel de la teoría marco se considera el tipo de cambio conceptual más difícil de lograr y el que puede provocar el desarrollo de ideas alternativas.

### 2.2.3.2. El modelo de Chi, Slótaa y deLeeuw (1994)

Chi et al. (1994) han propuesto otra teoría del cambio conceptual que considera a éste como un proceso ontológico en el que los niños que tienen concepciones no científicas necesitan cambiar la forma en la que conciben el concepto. Esta teoría sugiere explícitamente que la naturaleza del contenido de la ciencia es una característica dominante que influye en el proceso de cambio conceptual. Se basa en tres suposiciones: una epistemológica concerniente a la naturaleza de las entidades del mundo; una metafísica que concierne a la naturaleza de ciertos conceptos científicos; y una psicológica concerniente a las concepciones intuitivas de los niños. La conjunción de estas tres suposiciones dan lugar a una incompatibilidad de hipótesis, la cual puede explicar por qué algunos conceptos son particularmente difíciles de aprender.

Siguiendo a Chi et al. (1994), la suposición epistemológica establece que las entidades en el mundo pueden asignarse a diferentes categorías ontológicas. Los autores distinguen tres categorías ontológicas principales denominadas “árboles”: *Materia (o cosas)*, *Procesos*, y *Estados Mentales* (Figura 3). Entre cada una de estas categorías principales se encuentra incluida una jerarquía de subcategorías. Cada categoría o subcategoría puede tener *miembros* y *atributos*. Los conceptos en el árbol *Materia* son más concretos que abstractos y más descriptivos que teóricos que los que se incluyen en los árboles *Procesos* o *Estados Mentales*. Las categorías en un árbol dado difieren ontológicamente de cualquier otra categoría en otro árbol, debido a que no comparten *atributos ontológicos*. Un *atributo ontológico* es ontológicamente diferente de cualquier atributo definido o rasgo característico. Un *atributo ontológico* es una propiedad que una entidad puede poseer potencialmente como consecuencia de pertenecer a una categoría ontológica dada, mientras que los *atributos definidos* son aquellos que una entidad debe poseer, y un *rasgo característico* es el que una entidad tiene con más frecuencia. La percepción que las personas tienen de una entidad en el mundo debe corresponder a esta distinción ontológica. Cuando un atributo de una categoría no puede abarcar miembros de otra categoría, entonces las dos categorías son ontológicamente diferentes, y se dice que son *categorías “paralelas”*. Dos *categorías paralelas* en un

mismo árbol pueden ser ontológicamente distintas, aun cuando pudieran existir atributos ontológicos de más grado que los abarquen a ambas.

Las diferencias entre los árboles ontológicos y las categorías ontológicas paralelas en un mismo árbol son que los atributos ontológicos de los árboles son mutuamente exclusivos. No existen atributos ontológicos de nivel más alto que puedan abarcar entidades de dos árboles diferentes. Cuando las categorías paralelas están incluidas en el mismo árbol existen atributos que pueden utilizarse para modificar a ambas. Esta distinción ontológica subyace en la noción de cambio conceptual de Chi et al. (1994), en la que éste ocurre cuando un concepto tiene que ser reasignado a una categoría ontológica distinta (de un árbol a otro). La categoría ontológica a la que pertenece el concepto ubicado en la mente del niño debe cambiar de una categoría no científica a la categoría científicamente correcta. Los niños desarrollan su comprensión conceptual cambiando la categoría ontológica a la que corresponde el concepto y este cambio se da de una categoría incorrecta a la científicamente correcta. Chi (1992) sostiene que los niños han desarrollado subsecuentemente ideas alternativas al colocar objetos y acontecimientos en categorías ontológicamente incorrectas.

Chi et al. (1994) consideran que las categorías son diferentes unas de otras en un sentido metafísico y que colocar un concepto científico de una categoría a otra representa un cambio en la ontología individual. Muchos conceptos científicos pertenecen a una categoría ontológica denominada *interacción restringida*; y las categorías *Procesos* e *Interacción restringida* están determinadas por un conjunto de restricciones conocidas o conocibles. Una interacción restringida no tiene un comienzo y un final obvios, por lo que pueden darse confusiones debido a que esta categoría incluye componentes de otras categorías ontológicas, especialmente de la categoría *Materia*. La suposición psicológica se refiere al estatus ontológico asignado a ciertos conceptos científicos. Las ideas alternativas acerca de ciertos conceptos biológicos y físicos se desarrollan debido a que los niños inicialmente los colocan en una categoría a la que no pertenecen. Las ideas alternativas en las ciencias físicas están basadas en su asignación incorrecta a la categoría de materia, y algunas otras relacionadas con los conceptos biológicos están asignadas a la categoría estados mentales. En este último caso los atributos asignados a los fenómenos biológicos se dan en términos de deseos y

necesidades (estados emocionales) de los animales más que en sus requerimientos psicológicos.

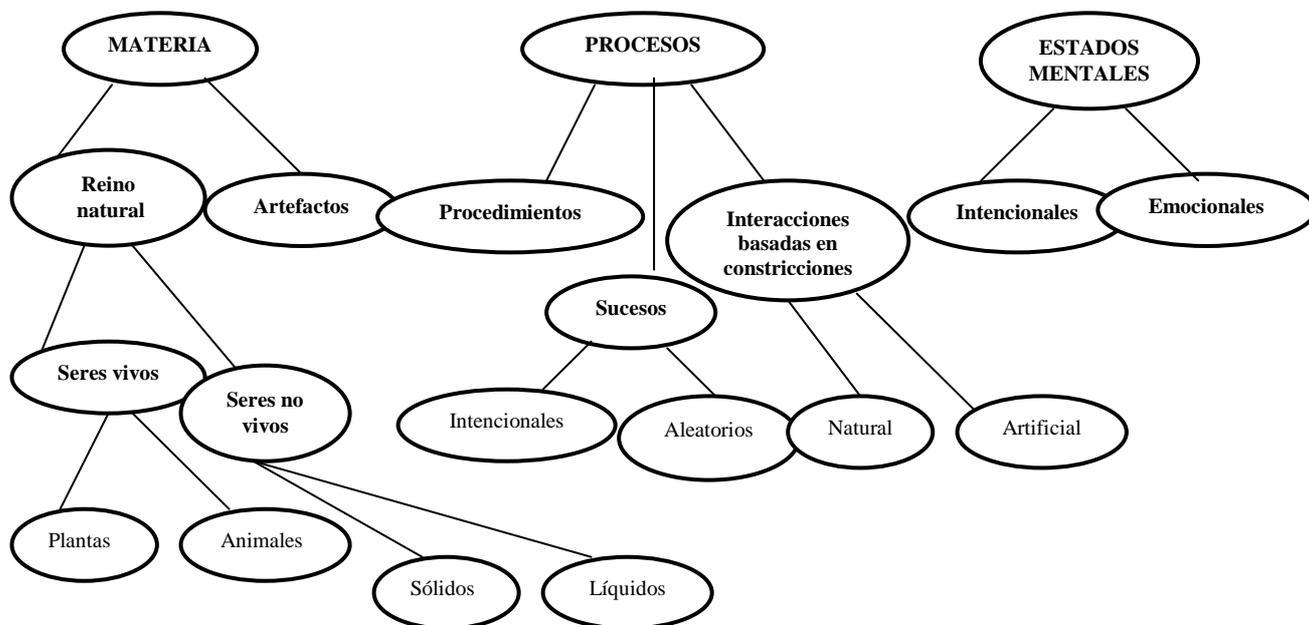


Figura 3: Categorías y subcategorías ontológicas (Chi et al., 1994).

Para que los niños construyan ideas científicas necesitan mover el estatus ontológico de una entidad de una categoría a otra. Chi et al. (1994) denominaron a los cambios ontológicos más fuertes como “*intercambio entre árboles*” o “*tree swapping*”, un proceso radical y revolucionario donde el status de una entidad se desplaza de un árbol ontológico principal a otro (por ejemplo, de la categoría de materia a la categoría de procesos). Chi et al. (1994) describen los cambios más débiles como un “*salto de rama*” o “*branch jumping*” dentro de los árboles ontológicos.

La perspectiva ontológica introducida por Chi et al. (1994) debería considerarse cuando se investigan o enseñan conceptos que tradicionalmente se han resistido al cambio conceptual. Su enfoque puede dar lugar a formas de evaluación más rigurosas en lo que se refiere al cambio conceptual, cuándo y bajo qué circunstancias puede ser promovido exitosamente (Tyson, et al., 1997).

### 2.2.3.3. El modelo de Thagard (1992)

Otra teoría que trata de explicar el cambio conceptual es la desarrollada por Thagard (1992), la cual está basada en la idea del cambio conceptual revolucionario. Thagard (1992) utiliza estudios de casos que muestran revoluciones científicas para construir un modelo, basado en categorías ontológicas, que describe diferentes tipos y grados de cambio conceptual. Su teoría se basa en la organización de los conceptos que se ven como estructuras computacionales complejas establecidas jerárquicamente. Para Thagard (1992) los conceptos están encuadrados juntos en *sistemas conceptuales* y un sistema conceptual consiste en conceptos organizados en tipos de jerarquías y jerarquías de partes, y unidos entre ellos por reglas. La visión que tiene Thagard (1992) de los conceptos, en la que considera que éstos pueden ser enriquecidos, pero sin llegar a construir una teoría genuina, da lugar a la hipótesis que el cambio conceptual puede tener lugar en varios grados.

Thagard caracteriza diferentes clases de cambio conceptual en nueve grados o niveles (Tabla 1). El primer grado “*añadiendo un ejemplo*” implica un cambio en la estructura del concepto, pero estos nuevos ejemplos, por lo general, son triviales. El segundo y tercer grados de cambio se denominan “*añadiendo una regla débil*” y la diferencia entre estos dos niveles es que el tres es más importante en la resolución de problemas. El grado cuatro se denomina “*añadiendo una nueva relación de partes*” o “*descomposición*” e implica la adición de esta nueva parte a la jerarquía de partes para formar nuevos conceptos. El nivel cinco “*añadiendo un nuevo tipo de relaciones*” se refiere a establecer relaciones entre dos cosas que anteriormente se consideraban distintas. El nivel seis se refiere a “*añadir un nuevo concepto*” a la estructura conceptual. Los niveles del siete al nueve implican el movimiento de un árbol a otro; son cambios que se dan entre las jerarquías de los árboles, por lo que Thagard considera que son difíciles de llevarse a cabo. El cambio en el nivel siete “*colapsando una parte del tipo de jerarquía*” requiere el abandono de una previa distinción. El cambio del nivel 8 “*saltando de rama*” (*branch jumping*) requiere el movimiento del concepto de una rama de un árbol jerárquico a otro. Y el cambio en el nivel 9 “*intercambio de árbol*” (*tree swapping*)” requiere cambios en la organización de la jerarquía principal del árbol. Los cambios del nivel 1 a 3 pueden interpretarse como tipos simples de

revisión, pero los cambios del nivel 4 al 9 implican cambios en las jerarquías conceptuales.

**Tabla 1.** Niveles de cambio conceptual según Thagard (1992).

NIVEL 1	DESCRIPCIÓN
<b>1</b> “Añadiendo un ejemplo”	Implica un cambio en la estructura del concepto, pero estos nuevos ejemplos, por lo general, son triviales.
<b>2</b> “Añadiendo una regla débil”	Resolución de problemas en menor grado.
<b>3</b> “Añadiendo una regla débil”	Resolución de problemas en mayor grado.
<b>4</b> “Añadiendo una nueva relación de partes” o “descomposición”	Implica la adición de esta nueva parte, a la jerarquía de partes para formar nuevos conceptos.
<b>5</b> “Añadiendo un nuevo tipo de relaciones”	Se refiere a establecer relaciones entre dos cosas que anteriormente se consideraban distintas.
<b>6</b> “Añadir un nuevo concepto”	Se añade un nuevo concepto a la estructura conceptual.
<b>7</b> “Colapsando una parte del tipo de jerarquía”	Requiere el abandono de una previa distinción.
<b>8</b> “Saltando de rama” ( <i>branch jumping</i> )	Requiere el movimiento del concepto de una rama de un árbol jerárquico a otro.
<b>9</b> “Intercambio de árbol” ( <i>tree swapping</i> )”	Requiere cambios en la organización de la jerarquía principal del árbol.

Para Thagard (1992), el nivel en el cual se lleva el cambio conceptual determina si es parte de un proceso evolucionario o una revolución. Thagard considera que los cambios en los niveles 8 y 9 conllevan adoptar un nuevo sistema conceptual, como en los casos de “*intercambio de árbol*” o “*saltando de rama*” (los tipos de cambio más fuertes). Para Thagard los cambios en estos niveles *son holísticos y revolucionarios* a diferencia de los que se llevan a cabo en lo niveles inferiores, tales como “*añadir nuevas instancias*” o “*añadir nuevas reglas*”, a los que considera *cambios conceptuales débiles*.

Thagard analiza los modelos de cambio conceptual propuestos por Carey (1985), Vosniadou y Brewer (1987, 1992a, b) y Chi (1991). Sostiene que los cambios explicados en los dos primeros modelos se describen como adición de creencias y no como cambios revolucionarios como Carey propone, o como un reemplazo de teorías

como Vosniadou y Brewer (1987, 1992a, b) señalan. Según Thagard (1992), los niños en los estudios de Carey (1985) no parecen experimentar ningún tipo de interpretación jerárquica cuando reasignan plantas y animales al concepto supraordinado de seres vivos. En este caso los niños aprenden muchos más tipos de cosas, pero la noción de clase no cambia y los niños no tienen que abandonar creencias sostenidas previamente. Por otra parte, los niños en el estudio de Vosniadou y Brewer (1987, 1992a, b) abandonan la creencia que la tierra es plana y aceptan la proposición de que es una esfera, pero no añaden nuevos conceptos o eliminan otros, ni se dan cambios en la “*relación entre partes*” requeridos para que los niños se muevan de un modelo inicial a un modelo esférico.

Thagard (1992) describe el cambio conceptual en el modelo de Chi (1992) como un proceso progresivo en el que los niños van asociando cada vez menos los seres vivos con la capacidad de movimiento y los van asociando cada vez más con sus procesos biológicos. Aunque la adición de conceptos y sus relaciones adquiridos con el tiempo dan lugar a diferentes patrones, las antiguas asociaciones entre estar vivo y el movimiento no se rechazan, sólo cesa su acceso a la memoria. En el aprendizaje de la física, Chi (1992) establece que no se llevan a cabo rechazos cuando los niños adquieren nuevas teorías, aunque éstas tengan diferentes estructuras conceptuales que las teorías cotidianas. Como se mencionó anteriormente, para Chi (1992), en el aprendizaje de la física, los niños deben aprender a reconceptualizar los conceptos moviéndose de una categoría ontológica a otra, y, en este sentido, el aprendizaje de la física requeriría un sustancial “*salto de rama*” de una parte de la clase jerárquica a otra (Thagard, 1992).

A partir de este análisis Thagard (1992) concluye que los cambios de los niños incluyen alguna reorganización conceptual sin revisión, sin mucho rechazo de ideas previas, y propone dos esquemas para explicar la adquisición de nuevos conceptos científicos por parte de los niños:

*“1.- Los niños son como científicos. Comienzan, por ejemplo, con una teoría animista de por qué las cosas se comportan como se comportan, pero cuando se les enseña más acerca de los mecanismos biológicos y físicos, inconscientemente o concientemente aprecian que estos hechos tienen mayor coherencia explicativa que sus teorías antiguas y, por lo tanto, abandonan el animismo.”*

*“2.- Los niños simplemente adquieren biología y física. No ven las nuevas teorías como competidoras de sus creencias animistas previas, las cuales no han sido explícita y fuertemente sostenidas inicialmente. El animismo no es un conjunto de creencias que sea rechazado porque tenga menos coherencia explicativa que las nuevas ideas que les han enseñado, puesto que no se hace ninguna comparación. Más bien lo que sucede es que se adquiere el nuevo conocimiento biológico y las creencias antiguas son simplemente olvidadas o reservadas para su uso en un contexto cotidiano no académico.”*

El modelo de Thagard (1992) parece ser una forma relevante para analizar el proceso de cambio conceptual en niños pequeños debido a su naturaleza gradual, lenta y compleja. El análisis detallado del proceso que permite llevar a cabo este modelo probablemente proporcione más información para comprender la construcción y reconstrucción del proceso de conocimiento que una visión bipartita (niveles o grados bajos y altos) (Havu-Nuutinen, 2005).

#### **2.2.3.4. Otras perspectivas sobre la teoría del cambio conceptual**

Las investigaciones en cambio conceptual siguen una visión muy teórica y hacen hincapié en la perspectiva del aprendizaje racional, sin embargo, el proceso de aprendizaje conceptual en un contexto institucional apoyado por el profesor no está gobernado sólo por procesos cognitivos (Havu-Nuutinen, 2000). Varios autores, incluyendo Posner et al. (1982) y más recientemente Sinatra y Pintrich (2003), han enfatizado en mayor o menor grado la importancia de los factores afectivos en el cambio conceptual. El factor afectivo de la motivación implica la creación de entornos de aprendizaje y la valoración del aprendizaje social en grupo. Pintrich et al. (1993) han descrito una serie de aulas contextuales y factores motivacionales y cognitivos que tienen impacto en el cambio conceptual. Insisten en que un "frío o excesivamente racional modelo de cambio conceptual", el cual presta atención sólo a la cognición de los niños sin tener en cuenta la forma en que la motivación de sus creencias acerca de sí mismos como aprendices y los roles que desempeñan los individuos en una comunidad de aprendizaje, puede facilitar u obstaculizar el cambio conceptual.

Pintrich et al. (1993) propusieron que una explicación "irracional dura" para el cambio conceptual es tan defendible como la de una cognición fría, y argumentaron que

la autoeficacia de los niños, el control de creencias, el contexto social de la clase, los objetivos individuales de los niños, las intenciones, los propósitos, las expectativas y las necesidades, son tan importantes como las estrategias cognitivas en el aprendizaje de conceptos. Sostienen que el proceso de cambio conceptual puede estar influido por los diferentes contextos de clase y que este proceso puede estar modelado por la naturaleza de las interacciones entre los niños y el profesor. Por tanto, también deben considerarse los factores contextuales y motivacionales (Pintrich et al., 1993) necesarios para promover el cambio conceptual.

Por lo general, el cambio conceptual se ha investigado sólo a través de funciones cognitivas como un proceso general sin considerar el contexto. No obstante, como se mencionó anteriormente, el proceso del aprendizaje conceptual apoyado por el profesor no depende sólo de factores cognitivos, por lo que el cambio conceptual debería analizarse y discutirse dentro del contexto en el que se lleva a cabo este proceso (Havunnuutinen, 2005). En este sentido, Tyson et al. (1997) y Duit y Treagust (2003) han proporcionado un relevante modelo para analizar el cambio conceptual desde diferentes puntos de vista: ontológico, epistemológico y socio-afectivo. La perspectiva ontológica de este marco multidimensional examina la forma en la que los niños perciben la naturaleza de las cosas que se estudian, es decir, la mirada que los niños dan al mundo. La perspectiva epistemológica examina cómo los niños perciben su conocimiento acerca de las cosas; los niños miran en su propio conocimiento. La perspectiva socio-afectiva examina las condiciones sociales y afectivas necesarias para que se dé el cambio conceptual y está relacionada con las motivaciones de los niños en el aprendizaje y en ellos mismos como aprendices (Tyson, et al., 1997). Tyson et al. (1997) sugieren un marco interpretativo multidimensional para analizar el cambio conceptual, así como los aspectos ontológicos (Chi et al., 1994), epistemológicos (Posner et al., 1982), y socio-afectivos (Pintrich et al., 1993) de una situación de aprendizaje pueden investigarse para determinar cómo facilitan o limitan el proceso del cambio conceptual.

En adición a estos factores, Halldén (1999) sostiene que el contexto en general juega un papel fundamental en el cambio conceptual, ya que las experiencias de los niños están embebidas en la cultura. En el contexto cognitivo, este autor ha estudiado los contextos situacionales y culturales observando el papel que juegan los contextos cotidianos en el uso del conocimiento científico y de las explicaciones en el género del

habla. Halldén (1999) no considera el cambio conceptual como un proceso lineal donde el aprendizaje progresa de hechos detallados hacia teorías abstractas, sino como el proceso simultáneo que se da entre estos niveles y donde los niños se encuentran oscilando constantemente. Para Halldén (1999) estos cambios pueden ocurrir en diferentes contextos ya sea situacionales, cognitivos y culturales, por tanto, el proceso puede producir tres cambios diferentes en las concepciones de los niños: abandonando una concepción previa y reemplazándola por una nueva; adquiriendo completamente una nueva concepción; y adquiriendo una nueva forma de conceptualizar el mundo. La forma en la que Halldén (1999) considera el cambio conceptual puede aplicarse para analizar los procesos de cambio conceptual en el contexto de instrucción, y especialmente permite poner énfasis en el tipo de discusiones de los niños (Havu-Nuutinen, 2005).

Las principales características de estas perspectivas se han resumido por Havu-Nuutinen (2002, 2005) y se presentan en Tabla 2.

**Tabla 2.** Teóricos y sus perspectivas acerca del proceso de aprendizaje y el cambio conceptual (tomado de Havu-Nuutinen, 2005).

Teóricos	Características principales del proceso de aprendizaje	Forma en la que es denominado el cambio conceptual	Principales características del cambio conceptual
<b>Piaget (1966)</b>	Proceso individual Conflicto cognitivo	Teoría de las etapas	Las estructuras cognitivas llevan al desarrollo de los conceptos
<b>Vygotsky (1962, 1978)</b>	Proceso social El lenguaje desempeña un papel esencial	Proceso en zig-zag	Los conceptos se forman por operaciones intelectuales en los que el lenguaje es la guía
<b>Posner et al. (1982)</b>	Basado en conocimientos previos Enfoque racional del aprendizaje	1) Asimilación 2) Acomodación	Inteligibilidad, Plausibilidad, Carácter fructífero, Insatisfacción
<b>Carey (1985)</b>	Enfoque conceptual y racional del aprendizaje	1) Reestructuración débil 2) Reestructuración fuerte	Cambio de novato a experto Cambios en las teorías Especificidad de dominio
<b>Hewson y Thorley (1989)</b>	Enfoque racional del aprendizaje. Basado en conocimientos previos	1) Captura conceptual 2) Intercambio conceptual	La insatisfacción es la “etapa clave”. Las condiciones del cambio conceptual son difíciles de juzgar. Metacognición
<b>Thagard (1992)</b>	Enfoque racional del aprendizaje. El reemplazo conceptual se da a través de aplicaciones en la resolución de problemas	Teoría de 9 etapas	“Salto de rama” (“ <i>branch jumping</i> ”) “Intercambio entre árboles” (“ <i>branch jumping</i> ”)
<b>Vosniadou (1994)</b>	Proceso activo en la adquisición de conocimiento en el que los modelos mentales desempeñan un papel importante	1) Enriquecimiento 2) Revisión	Proceso lento. Proceso que se da a través de la suspensión gradual y revisión de las presuposiciones
<b>Chi et al. (1994)</b>	Proceso ontológico en el que se cambia la forma en la que se conciben los conceptos. Se da por incompatibilidad de hipótesis	1) Cambios débiles 2) Cambios fuertes	“Salto de rama” (“ <i>branch jumping</i> ”) “Intercambio entre árboles” (“ <i>tree swapping</i> ”)
<b>Beeth y Hewson (1997)</b>	El aprendizaje es un proceso individual y social. La metacognición desempeña un papel importante	El cambio conceptual ocurre cuando hay cambio en el status de las concepciones	Los cambios en los conocimientos declarativos y procedimentales son importantes
<b>Tyson et al. (1997)</b>	El aprendizaje es un proceso cognitivo y social	Proceso multidimensional activo que se da del conocimiento pre-científico hacia la visión científica de los conceptos	Factores: 1) Epistemológicos 2) Ontológicos 3) Socio-afectivos
<b>Halldén (1999)</b>	El aprendizaje es un proceso oscilatorio en el que los hechos detallados y las teorías son simultáneamente construidos	Se dan tres cambios diferentes: 1) Reemplazo de conceptos previos 2) Adquisición de nuevos conceptos 3) Nueva forma de conceptualizar el mundo	El contexto desempeña un papel esencial. El cambio conceptual se contextualiza, por lo tanto, está unido a contextos situacionales, cognitivos y culturales.

Por otra parte, Tyson et al. (1997) presentan un cuadro comparativo de los diferentes lenguajes utilizados por varios investigadores para describir los grados o tipos de cambio conceptual (Tabla 3).

**Tabla 3.** Diferentes formas de lenguaje utilizadas para describir los grados o tipos de cambio conceptual (en base a Tyson et al., 1997).

<b>Autor</b>	<b>Posner et al. (1982) Strike y Posner (1992)</b>	<b>Hewson y Hewson (1992)</b>	<b>Carey (1985)</b>	<b>Vosniadou (1994) Vosniadou y Brewer (1987)</b>	<b>Thagard (1992)</b>	<b>Chi et al. (1994)</b>	<b>Tiberghien (1994)</b>	<b>Dykstra (1992)</b>
<b>Adición</b>	Acreción		Acumulación de conocimiento que no involucra reestructuración	Enriquecimiento (acreción)	Revisión de creencias 1. añadir instancias 2. añadir una regla débil 3. añadir una regla fuerte	Sin cambios ontológicos entre los miembros de los conceptos. Implica acreción	Adición al campo experimental de referencia	Diferencia ción
<b>Revisión débil</b>	Asimilación	Captura conceptual	Reestructuración débil	Revisión a nivel de una teoría específica	4. añadir una relación parcial 5. añadir un nuevo tipo de relación 6. añadir nuevos conceptos 7. colapsar una parte de una jerarquía	Los miembros de los conceptos se mueven a través de categorías paralelas dentro de un árbol ontológico principal	Cambio conceptual semántico: modificación profunda de la estructura de los objetos y sucesos, pero la teoría no cambia radicalmente	Extensión de clase
<b>Revisión fuerte</b>	Acomodación	Intercambio conceptual	Reestructuración fuerte	Revisión a nivel de una teoría marco	8. Salto de rama 9. Intercambio de árbol	Los miembros de los conceptos se mueven de un árbol ontológico principal a otro	Cambio conceptual teórico: cambio a nivel de teoría (del sistema explicativo, especialmente causalidad)	Reconceptualización

Como puede observarse en ambas Tablas, tanto las perspectivas acerca del proceso de cambio conceptual como el lenguaje utilizado para describirlo, difieren en detalles, pero, en general, reconocen que el proceso de cambio implica la reestructuración de las concepciones existentes para dar cuenta de la nueva información. La investigación sobre el cambio conceptual ha desarrollado un vocabulario único, ya que éste puede darse en diferentes niveles y diferentes autores utilizan términos alternativos para describir aprendizajes similares. El análisis más común sugiere que existen dos tipos de cambio conceptual, normalmente llamados *reestructuración débil del conocimiento*, *asimilación o captura conceptual*, y *reestructuración fuerte/radical del conocimiento*, *acomodación o intercambio conceptual*. Algunos autores no

consideran la acreción como cambio conceptual y otros la incluyen como un nivel más (Duit y Treagust, 2003). Debido a que en la literatura se le ha dado varios significados al término cambio conceptual, con frecuencia el término cambio ha sido malinterpretado como un intercambio de concepciones pre-instruccionales a los conceptos científicos. Sin embargo, Duit (1999) y Duit y Treagust (2003) consideran que el término cambio conceptual para el aprendizaje debe comprenderse como un proceso utilizado en dominios, donde las estructuras conceptuales pre-instruccionales de los aprendices tienen que ser fundamentalmente reestructuradas para permitir la comprensión del conocimiento intencionado, es decir, la adquisición de los conceptos científicos. En un sentido general, el cambio conceptual representa patrones de aprendizaje de las concepciones pre-instruccionales de los niños hacia los conceptos científicos que serán aprendidos.

Estudios recientes relacionados con el cambio conceptual han mostrado evidencia que las dificultades conceptuales son una parte normal del aprendizaje y que las ideas alternativas son intentos típicos de los niños para construir significados acerca de los contenidos de las ciencias (Duit y Treagust, 2003). En este sentido, el enfoque de cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias se considera una forma efectiva de mejorar su aprendizaje (Havu-Nuutinen y Keinonen, 2007).

#### **2.2.4. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en la educación infantil**

El niño de la etapa de educación infantil recorre un periodo de tiempo en el que irá construyendo sus primeras concepciones e interpretaciones de él mismo y del mundo que le rodea. Se destacan en este periodo los grandes cambios físicos y fisiológicos que sufren en su cuerpo. El niño, a través de la interacción con los objetos físicos y los diferentes seres vivos, irá familiarizándose con unos sonidos, unos símbolos, unas imágenes y, en definitiva, con unas codificaciones que le permitirán pertenecer al grupo del cual forma parte; y aprendiendo y desarrollando un lenguaje oral, escrito y matemático, así como intercambiando conocimientos con el grupo del cual forma parte (Castelló et al., 1999). En este sentido, se considera muy importante que en la etapa de educación infantil se proporcione a los niños experiencias que les conduzcan a familiarizarse con los objetos físicos relevantes y los seres vivos para potenciar la

manipulación, la cual favorecerá su perfeccionamiento motriz y su curiosidad; la vivencia de diferentes situaciones; la observación libre; la observación dirigida; el descubrimiento y la vivencia de nuevos conceptos; y la aplicación de estos nuevos conceptos. En las siguientes secciones se discuten las principales aportaciones de la investigación en la educación en ciencias con niños pequeños y que actualmente sustentan nuevos modelos de enseñanza-aprendizaje para esta etapa de instrucción.

#### **2.2.4.1. Aproximaciones de la educación científica en la educación infantil**

La enseñanza-aprendizaje de las ciencias en la educación infantil se ha basado en un gran número de creencias e ideas pedagógicas que han guiado los programas curriculares. De la misma forma, han existido también diferentes enfoques para abordar el contenido científico. A partir de un estudio sistemático de un gran número de propuestas de actividades en educación infantil, Ravanis y Bagakis (Ravanis, 1996; Ravanis y Bagakis, 1998) han distinguido diferencias notables entre los objetivos y los contenidos de las actividades científicas; las metodologías de organización y su puesta en práctica; los dispositivos utilizados; y el rol de los niños y de los profesores, y de la evaluación. En base a este análisis estos autores han propuesto una clasificación de escuelas pedagógicas considerando los diferentes contextos, tanto en los que se diseñan las actividades de enseñanza, como en los que se han llevado a cabo el diseño e implementación de investigaciones al respecto.

El enfoque de una primera escuela se basa en los marcos teóricos o dominios del empirismo y las corrientes conductistas, más que en la investigación enfocada a explorar los procesos de pensamiento de los niños. La principal idea que sustenta esta perspectiva es la importancia de la provisión de estímulos a través de los cuales los sentidos registran nuevos datos. El profesor presenta los elementos seleccionados de las ciencias y los dispositivos, define las interrogantes, formula los problemas y da las explicaciones, tratando de transmitir los conocimientos dentro de un modelo tradicional de comunicación en la escuela del tipo profesor-emisor y alumno-receptor. Sin embargo, estos elementos seleccionados no son las representaciones ni las capacidades o las posibilidades de aprendizaje de los niños.

En enfoque de una segunda escuela se ha desarrollado sobre la base de la perspectiva piagetiana. En esta perspectiva se ofrece a los niños las posibilidades de asimilación de los conocimientos científicos a través de la experimentación y la manipulación del material pedagógico. El profesor planifica los ejes generales de la actividad, observa, promueve y cuestiona a los niños interviniendo según las circunstancias, y evalúa los resultados del trabajo efectuado por los niños. Dado que el profesor juega un rol principal de apoyo y aliento, y de que el material pedagógico debe ser tal que los niños puedan manipularlo por ellos mismos, esta perspectiva tiene ciertas limitaciones en el desarrollo de las actividades. Además, otra crítica que ha recibido el enfoque piagetiano es que se limita al desarrollo cognitivo de los niños y no a su aprendizaje, y que los estudios realizados bajo esta perspectiva se restringen al pensamiento del niño por sí solo (Lawson, 1994; Limón y Carretero, 2002; Tytler y Peterson, 2004; Metz, 1995, 1997, 1998). Por otra parte, según Ravanis y Bagakis (1998), este enfoque no ha tenido ninguna interacción con la investigación en educación científica, a pesar de que uno de sus aspectos básicos es la construcción del conocimiento científico, permaneciendo solamente en el ámbito de la psicología del desarrollo.

Un tercer enfoque está influido por las teorías de aprendizaje post-piagetanas y/o por la teoría socioconstructivista de Vygostky, así como por los resultados de la investigación en didáctica de las ciencias, que, en general, reconocen la importancia y el rol privilegiado de la interacción social en la puesta en práctica de nuevas operaciones cognitivas y aprendizajes. Así, hay que considerar al profesor como el tutor y/o mediador que interviene entre los conocimientos y las prácticas científicas, por una parte, y los problemas del pensamiento de los niños, por la otra. En este contexto, el aprendizaje se entiende como un producto de la intervención social que tiene lugar alrededor de conceptos clave.

Debido a la gran influencia del trabajo de Piaget, el segundo tipo de escuela pedagógica ha prevalecido y ha guiado en gran medida la investigación y el diseño y desarrollo del currículo de ciencias en la educación infantil. Por ello, no ha sido hasta hace pocos años que las investigaciones basadas en las perspectivas neo-piagetanas y vygotskianas están mostrando que los niños pequeños son capaces de comprender conceptos científicos y de construir explicaciones científicas (Koliopoulus et al., 2004,

2004; Krogh y Slentz, 2001; Ravanis, 1999, 2000; Ravanis y Bagakis, 1998, Robins, J. 2005; Venville, 2004; Zogza y Papamichael, 2000).

Desde esta última perspectiva y con las aportaciones de estas investigaciones, Eshach y Fried (2005) han expuesto ampliamente seis razones por las cuales los niños pequeños pueden y deben acercarse a la ciencia:

(1) *Los niños disfrutan de manera natural observando y pensando acerca de la naturaleza.* Los niños, los introduzcamos o no a la ciencia, hacen ciencia (Farmery 2002; Sanmartí, 1995, 2000). Los niños nacen con una motivación intrínseca para explorar el mundo. Esto significa que darán sus primeros pasos hacia la ciencia con ayuda o sin ella. De este modo, para prevenir la formación de ideas alternativas es necesario intervenir y proveer ambientes de aprendizaje que promuevan el desarrollo de los niños de una forma fructífera y de manera que hagan sus primeras exploraciones científicas de un modo adecuado para un posterior correcto aprendizaje de conceptos científicos.

(2) *Acercar a los niños a la ciencia desarrolla actitudes positivas hacia la ciencia.* Las actitudes se van desarrollando en los primeros años de vida de los niños y pueden tener un impacto crucial en el aprendizaje de las ciencias. Si se desea que los niños desarrollen actitudes positivas hacia la ciencia debemos acercarlos a ella de una manera en la que se estimule su curiosidad y se promueva su entusiasmo. La curiosidad es natural en los niños pequeños y, probablemente, se encuentra ligada a la ciencia, ya que es una parte esencial de la experimentación, la observación de los cambios, y del sentido de maravillarse, los cuales subyacen en un verdadero aprendizaje de la ciencia (Krogh y Slentz, 2001). Los niños que sienten curiosidad por los fenómenos naturales tienden a hacer preguntas comenzando con un *¿por qué?*, y cuando hacen estas preguntas se interesan en las razones y las explicaciones de estos fenómenos de tal forma que estas actitudes los conducen de una manera natural hacia la investigación. Al respecto Raper y Stringer (1987) sostienen que:

*“Los niños piensan como lo hacen los científicos -o el pensamiento de los científicos es en mucho como el de los niños-, ya que ambos están interesados en el ¿por qué?”* (Raper y Stringer, 1987, p. 27).

(3) *Un acercamiento temprano a los fenómenos científicos da lugar a una mejor comprensión de los conceptos científicos que se estudian posteriormente de una manera formal.* Las primeras experiencias tienen una influencia significativa en el desarrollo de nuevos conocimientos, y la forma en la que los niños abordan los fenómenos científicos es sumamente importante (Johnston y Grag, 1999; Harlen, 1998, 2000).

(4) *El uso de lenguaje científico en edades tempranas influye el desarrollo de conceptos científicos.* A pesar de los conflictos que pueden tener lugar entre el lenguaje cotidiano y el científico, este tipo de conflictos, si están acompañados de una práctica educativa científica, pueden ser una fuente genuina de desarrollo conceptual (French, 2004). La conexión entre los mecanismos de pensamiento y los de comunicación sugieren que acercar los niños al “habla científica” puede ayudarles a establecer patrones de “conversaciones científicas”, las cuales, a su vez, promoverán el desarrollo de patrones de “pensamiento científico” (Candela, 1991; 2001; Lemke, 1990; Mercer et al., 2004; Rojas-Drumond et al., 2003b; Wegerif et al., 1999a, b).

(5) *Los niños pueden comprender conceptos científicos y razonar científicamente.* Aunque algunas investigaciones han mostrado que los niños carecen de ciertas habilidades para conducir investigaciones satisfactoriamente (Dumbar y Klhar, 1989; Kuhn et al., 1988; Schauble, 1990; 1996; Schauble y Glasser, 1990), otros estudios han mostrado que los niños de 4 años pueden distinguir una prueba conclusiva de una inclusiva para desarrollar una hipótesis (Gelman y Markman, 1986; Brown, 1990; Ruffman et al., 1993; Sodian et al., 1991). Si los niños van adquiriendo las bases de las habilidades que les permitan conectar la teoría con la evidencia al exponerlos a situaciones en las que puedan ejercitar estas habilidades (Brown y Campione, 1994; diSessa, 1982; Metz, 1995, 1998; Kanari y Millar, 2003; White, 1993), esta adquisición les permitirá su posterior desarrollo, y, en este aspecto, la educación científica desempeña un papel crucial (Johnston, 1996).

(6) *La ciencia es una forma efectiva para desarrollar el pensamiento científico.* Promoviendo el pensamiento científico en contextos científicos los niños pueden percibir situaciones “objetivas” dónde observar la influencia de una variable aislada más fácilmente, y, de esta forma, aprender no sólo a ser críticos y analíticos, sino también

aprender a ver otras formas de pensamiento que no son “científicas” (Harlen, 1998, 2000; Johnston, 1996).

#### **2.2.4.2. El conocimiento científico y la enseñanza de las ciencias en la Educación Infantil**

El término “ciencia” se ha utilizado para describir un cuerpo de conocimientos y actividades que dan lugar al conocimiento científico. Este conocimiento científico comprende dos tipos de conocimiento: el conocimiento dominio-específico, que se refiere a los conceptos de los diferentes campos de la ciencia, y el conocimiento dominio-general o de estrategias generales, que comprende las habilidades generales implicadas en los diseños experimentales y la evaluación de evidencia (Zimmerman, 2000). Esta división entre el conocimiento de dominio específico y dominio general da lugar a otras distinciones análogas, tales como el conocimiento conceptual y el conocimiento procedimental, específicamente en su división más general entre “conocer” y “conocer cómo”. Esta división en el uso de la palabra “ciencia” y los diferentes tipos de conocimiento que abarca es la principal justificación del por qué los niños y las niñas deberían aprender ciencia: la ciencia les acerca al mundo real y la ciencia promueve el desarrollo de habilidades de razonamiento (Eshach y Fried, 2005).

La primera afirmación hace referencia al conocimiento dominio-específico o conocimiento conceptual. Cuando los niños comprenden los conceptos científicos pueden ser capaces de interpretar y comprender el mundo que les rodea. La segunda afirmación se refiere al conocimiento de dominio general o conocimiento procedimental, es decir, “el hacer ciencia”, lo que contribuye al desarrollo de habilidades generales que se requieren no sólo en un dominio específico sino en una amplia variedad de dominios no necesariamente científicos. Respecto a la idea que la ciencia acerca a los niños al mundo real, es necesario aclarar que la ciencia no les acerca al mundo de una forma directa, sino que les acerca a las ideas, conceptos y teorías usados para interpretar el mundo, de tal manera que les permite mirar el mundo a través de sus propios conceptos (Driver y Bell, 1986). En este sentido, Driver et al. (1985) utilizan las metáforas de enseñar a “mirar con otras lentes” y a “vestirse de científicos”:

*“En la enseñanza de la ciencia permitimos a los niños “mirar” los fenómenos y las situaciones experimentales de formas particulares, a aprender a vestirse en los “espectáculos conceptuales” de los científicos” (Driver et al., 1985, p. 193).*

Con respecto a la idea que la ciencia desarrolla habilidades de razonamiento, existe el acuerdo que la parte central del razonamiento científico, tanto fuera como dentro de la ciencia profesional, es la coordinación entre la teoría y la evidencia (Kuhn y Pearsall, 2000). La coordinación de la teoría y la evidencia requiere habilidades de indagación o de conocimiento dominio-general, y es por esta razón que la indagación se considera inherente a la ciencia. Se sostiene que la educación científica contribuye al desarrollo del razonamiento científico implicando a los niños en situaciones de indagación. Al formular preguntas, acceder a la evidencia e interpretarla y coordinarla con las teorías, se cree que los niños desarrollan habilidades intelectuales que les permitirán construir nuevos conocimientos (Chan et al., 1997). Sin embargo, como se mencionó anteriormente, existen discrepancias en la literatura acerca del razonamiento científico de los niños.

Algunos autores sostienen que existe una significativa debilidad estratégica en el razonamiento de los niños, la cual tiene implicaciones en la actividad indagatoria (Klahr, 2000; Klahr et al., 1993; Kuhn et al., 1988, 1992, 1995, 2000; Schauble, 1990, 1996). De esta forma, Kuhn et al. (2000) sostienen que las habilidades requeridas para enrolarse en formas típicas de indagación no están presentes tampoco en jóvenes adolescentes. Las estrategias que utilizan para acceder, examinar e interpretar evidencia, están muy lejos del modelo óptimo. Al parecer, existe una brecha entre la creencia que la educación científica basada en la indagación promueve el razonamiento científico y la realidad que las habilidades cognitivas necesarias para hacerlo no están presentes en los niños. Por otro lado, en otras investigaciones se ha mostrado que niños aún pequeños muestran la habilidad de pensar científicamente (Gelman y Markman, 1986; Brown, 1990; Kanari y Millar, 2003; Ruffman et al., 1993). En esta posición Metz (1995, 1997, 1998, 2000) ha desarrollado una serie de estudios, apoyándose en otras investigaciones, en los que postula que las perspectivas piagetianas y no piagetianas contemporáneas, que defienden la incapacidad de los niños pequeños de razonar científicamente, sobrestiman estas capacidades y no promueven el pensamiento

científico potencial que los niños poseen. La autora sostiene que en situaciones particulares de aprendizaje los niños son capaces de desarrollar estas habilidades.

Tanto el conocimiento dominio-específico como el conocimiento dominio-general constituyen el pilar de la educación científica, por lo que en la educación infantil el principal objetivo ha de ser que los niños y niñas desarrollen una mejor comprensión e interpretación del mundo en que viven a través de los conceptos especiales (conocimiento dominio-específico) y de la apreciación de las formas en que se construye el conocimiento científico (conocimiento dominio-general) que lo caracterizan (Leach y Scott, 2000). En este proceso de aprendizaje los niños van desarrollando la visión científica de los fenómenos bajo estudio contraponiendo su formas iniciales de razonamiento basadas en sus experiencias de la vida diaria, por tanto, el aprendizaje de la ciencia implica observar y pensar acerca de los fenómenos de una nueva forma (Sutton, 1992), de una forma científica.

#### **2.2.4.3. La enseñanza y el aprendizaje en el aula de ciencias de infantil**

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias puede verse a través de varios enfoques como se señaló anteriormente. La mayoría de los estudios que se han realizado con niños pequeños se han enfocado en el desarrollo cognitivo y han estado muy alejados de los procesos de aprendizaje que se dan en el aula (Venville, 2004). Estos estudios, fundamentados en el trabajo de Piaget (1929, 1930, 1974), como se ha mencionado, han recibido numerosas críticas ya que se centran en la actividad autónoma de los niños y su desarrollo cognitivo y no en el aprendizaje. Por otra parte, la mayoría de los estudios relacionados con la educación científica se han llevado a cabo en los niveles de primaria y secundaria, enfocándose principalmente a las concepciones que tienen los niños acerca de diversos fenómenos naturales. En estos estudios se ha reconocido que los niños tienen ideas informales o espontáneas acerca de los fenómenos naturales (Carmichael, et al., 1990; Driver et al., 1985; Pfundt y Duit, 1994), y que estas ideas pueden no corresponderse con las científicas. En adición a esto, se ha visto que la evolución de las formas de pensamiento de los niños acerca de estos fenómenos tiende a ser un proceso lento y fragmentario (Scott y Driver, 1998).

Estas conclusiones han llevado a investigar cómo desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje efectivo y significativo. En este sentido, los investigadores han enfatizado que deben potenciarse las habilidades cognitivas de los niños, que deben potenciarse los contextos y las oportunidades para que los niños puedan reflexionar acerca de sus ideas sobre los fenómenos naturales, y que las ideas iniciales de los niños desempeñan un rol crucial en este proceso de aprendizaje. Sin embargo, los estudios que se han realizado acerca de métodos de enseñanza particular y estrictamente organizados para tal efecto han sido irrelevantes (Havu, 2000). Havu (2000) sostiene que si se pretende que los niños “hagan ciencia” y no simplemente aprender “acerca de la ciencia”, el currículo de ciencias debe construirse en base al desarrollo, prueba y reestructuración de teorías científicas, y que estos propósitos no se logran a través de los modelos de enseñanza y aprendizaje, sino a través de las formas en que los profesores comprenden cómo se construye el conocimiento científico. A este respecto, y en base a lo que ha aportado la agenda actual sobre la investigación en la educación científica, se han señalado cuatro enfoques principales acerca de la enseñanza de la ciencia en educación infantil (The National Research Council, 2004):

*Métodos de Indagación Empírica.* Los niños aprenden a realizar preguntas, a pensar cuidadosamente cómo estas preguntas pueden contestarse empíricamente y a desarrollar una serie de métodos para conducir estas investigaciones. Este enfoque ha mostrado la evolución en la comprensión de los niños y sus capacidades para realizar preguntas e investigarlas a través de estudios que ellos mismos diseñan, así como a diagnosticar debilidades en sus propias investigaciones y en las de sus compañeros. Por ejemplo, a los 7 años los niños comprenden el objetivo de la prueba de una hipótesis (Sodian et al., 1991), y algunos otros son capaces de diferenciar la teoría de la evidencia (Klhar et al., 1993).

Por otra parte, los niños son capaces de utilizar algunos criterios metaconceptuales que utilizan los científicos para seleccionar teorías (Samarapungavan, 1992). En esta misma línea de investigación, otros autores documentan un progreso fundamental en la indagación científica de los niños y el conocimiento dominio-específico. Tales son los casos de Karmilof-Smith e Inhelder (1974) que señalan que muchos de los niños de su estudio construyeron el principio de momentos y Metz (1993) encontró mejoras fundamentales en la comprensión del equilibrio mecánico.

Gutiérrez-Romero (2004) encontró que niños de edad infantil mejoraron significativamente su física intuitiva al trabajar con planos inclinados. Por su parte, Tytler y Peterson (2004), en un estudio con niños desde 5 años de edad, desarrollaron un marco que permite observar las diferentes formas en que los niños realizan investigaciones, así como sus niveles de razonamiento en actividades de exploración. Su estudio mostró el amplio rango que tienen los niños para coordinar hechos científicos con evidencias, en una variedad de situaciones de exploración, y las diversas formas en las que el contenido conceptual y el razonamiento científico se interrelacionan. La investigación del desarrollo indica que los niños pequeños pueden no poseer los recursos cognitivos de los adultos o de los científicos necesarios para diseñar experimentos controlados y evaluar el ajuste de los modelos a los datos (Klahr, 2000; Kuhn y Dean, 2004; Masnick y Klhar, 2003; Schauble, 1996), pero sí pueden revisar sus conceptos de cara a nueva evidencia significativa (Carey, 2004; Carey y Sarnecka, 2006; Gopnik et al., 2004; Metz, 2004).

*Construcción de teorías.* Muy relacionado al aspecto anterior está el enfoque de la construcción de teorías. Los niños, a través de los contenidos científicos que se abordan durante la educación primaria, van considerando los criterios por medio de los cuales las teorías científicas se formulan, usan, prueban y revisan. Los niños que han seguido este enfoque han mostrado un desarrollo epistemológico impresionante acerca de la naturaleza de la ciencia, así como cambios en sus propensiones a reflexionar sobre su propio pensamiento.

En este aspecto, Carey et al. (1989) señalan que, después de una intervención educativa, más de la mitad de los niños consideraron los experimentos como prueba de ideas, y que algunos pudieron percibir cómo resultados inesperados dan lugar a la revisión de ideas. De la misma forma, Smith et al. (2000) encontraron que los niños de su estudio desarrollaron posturas epistemológicas hacia la ciencia, al considerar el rol central que desempeñan las ideas en el proceso de adquisición del conocimiento, así como los aspectos mentales, sociales y experimentales implicados en la comprensión, desarrollo, prueba y revisión de estas ideas. Los autores concluyen que los niños pequeños están más preparados para formular ideas epistemológicas sofisticadas de lo que se pensaba. En otro estudio Howe et al. (2000), bajo la perspectiva de la prueba de hipótesis, observaron que con tareas adecuadas los niños pueden integrar el

conocimiento conceptual y el procedimental, teniendo éste último un gran impacto sobre el primero. Los autores destacan la importancia del “consenso” en la discusión de varias ideas y su verificación. De la misma forma señalan que, en contra de lo que otras investigaciones han sugerido, esta perspectiva de prueba de hipótesis, apoyada en tareas estructuradas adecuadamente, puede utilizarse con niños muy pequeños.

Por otra parte, Karmiloff-Smith (1988) sostiene que a los 6 años de edad los niños intentan construir una teoría unificada para dar cuenta de todos los acontecimientos. Brewer y Samarapungavan (1991) concluyen que las teorías de los niños son semejantes a las de los científicos ya que las teorías de los niños trascienden lo que es concreta y directamente perceptible; sus teorías son también consistentes desde sus perspectivas; y frecuentemente son un intento de integrar diferentes fuentes de información (por ejemplo, lo que han escuchado de los adultos y sus propias observaciones). Además, las teorías de los niños tienen un poder explicativo. En un estudio reciente Samarapungavan et al. (2008) concluyeron que niños de edad infantil fueron capaces de implicarse en la práctica de la indagación científica y conducir investigaciones empíricas para ampliar y revisar su conocimiento biológico. Los niños fueron capaces de hacer preguntas genuinamente científicas y elaborar predicciones que pudieron evaluarse a través de evidencia empírica durante sus investigaciones.

*Modelización.* El proceso de aprendizaje en base a la construcción de modelos parece ser central en la construcción de teorías científicas, así como en la enseñanza de las ciencias (Clement, 1989, 2000; Coll, 2005). Este enfoque enfatiza el desarrollo de los modelos de los fenómenos en la naturaleza a partir de la prueba y revisión de los modelos iniciales que tienen los niños. Un modelo, que puede ser un objeto, acontecimiento, proceso o sistema, es una representación simplificada de un fenómeno que sugiere cómo se lleva a cabo este fenómeno (Gilbert y Boulter, 1998). La formación de modelos es la construcción de un modelo de algún fenómeno integrando piezas de información acerca de la estructura, función/comportamiento y mecanismos causales del fenómeno, considerando sistemas análogos o a través de la inducción. El uso y evaluación de los modelos permiten al aprendiz rechazar sus modelos y comenzar de nuevo o seleccionar una revisión o elaboración. La revisión involucra la modificación de las partes de un modelo que ya existe de tal forma que esta revisión permite describir o explicar mejor una situación dada. Por su parte, la elaboración involucra la

combinación o adición de información a los modelos existentes a través de procesos como la integración de un modelo en un sistema más amplio, o la adición de más partes al modelo (Clement, 1989; Stewart y Hafner, 1991).

El enfoque basado en la modelización (Boulter, 2000; Boulter y Gilbert, 1996, 2000; Boulter y Buckley, 2000; Clement, 1989, 2000; Gilbert y Boulter, 1998; Gilbert et al 2000a, b) tiene la ventaja de zanjar el debate acerca de los contenidos-procesos que se ha llevado a cabo en la educación científica. No se puede modelar sin modelar algo, por lo tanto, cuando los niños se implican en la modelización, los procesos de razonamiento y los conceptos científicos se despliegan siempre juntos. La enseñanza basada en la modelización es cualquier implementación que considera fuentes de información, actividades de aprendizaje y estrategias de instrucción pensadas para facilitar la construcción de modelos mentales, tanto a nivel individual como grupal (Gobert y Buckley, 2000). En este sentido, la instrucción basada en la construcción de modelos puede ayudar a los niños a ampliar sus formas intuitivas de utilizar los modelos en aplicaciones más complejas y multifacéticas (Cocking et al., 2000).

*Argumentación.* Este enfoque está basado en las ideas de Lemke (1990) y Kuhn (1992) que sostienen que la ciencia implica desarrollar y participar en una forma particular de argumentación, incluyendo las relaciones que se establecen entre teorías, hechos, afirmaciones y evidencias. Esta caracterización de ciencia reconoce explícitamente que ésta no es solamente el desarrollo de conocimientos, habilidades y de un tipo de razonamiento, sino también la participación en un proceso social que incluye valores, historia y objetivos personales.

Osborne (2001) sugiere que aprender a razonar en ciencias implica aprender cómo construir argumentos que relacionen la evidencia con ideas y teorías. De igual forma, Driver et al. (1994a, b) sostienen que el aprendizaje de la ciencia no es sólo la adquisición de hechos acerca de la forma cómo es el mundo, sino que “*aprender ciencias implica estar iniciado en formas científicas de conocer*” (Driver et al., 1994a, b) e incorporar el sentido de las prácticas de la comunidad científica. Estas prácticas incluyen generar afirmaciones acerca del conocimiento y el uso de argumentos que sostengan tales afirmaciones para clarificar y persuadir (Andrews et al., 1993). Por lo

tanto, la educación científica puede considerarse, en parte, como el aprender a argumentar en contextos científicos (Kuhn, 1992).

Este énfasis en la argumentación es consistente con los objetivos educativos generales referentes al uso de la lógica, el razonamiento y la evidencia (Jiménez-Aleixandre, et al., 2000), y, además, parece tener un valor específico en la educación científica, particularmente en relación a las nuevas áreas de la ciencia donde algunas afirmaciones son controvertidas (Millar y Osborne, 1998). Un enfoque particular de la argumentación es el que sostiene que ésta puede ser más un proceso colaborativo de interacción entre los compañeros que un proceso de confrontación. En referencia a este aspecto, Solomon (1998) sostiene que una argumentación basada estrictamente en la lógica puede ser confrontacional y destructiva. Por ello prefiere utilizar la palabra “discusión” para caracterizar el proceso colaborativo que se lleva a cabo en el aula, uniéndola a la “retórica” de Billig (1987), que considera el persuadir a través de mostrar ejemplos. Este enfoque está muy relacionado con el “habla exploratoria” de Mercer et al. (1999), en el cual se considera la discusión crítica, pero constructiva, de las ideas alternativas, la identificación de información relevante, la justificación de las opiniones y el razonamiento explícito.

Los estudios empíricos referentes a la argumentación en el aula de ciencias, al igual que otros aspectos, son escasos en educación infantil. Por ejemplo, Cappecchi y Carvalho (2000a, 2000b) han trabajado con niños de entre 8 y 11 años identificando la estructura y los niveles en la calidad de los argumentos durante actividades relacionadas con el conocimiento físico. En estos estudios las autoras encontraron que, además de elaborar muchas afirmaciones como justificativas y relacionándolas con los datos obtenidos, los niños elaboraron hipótesis a partir de sus conclusiones, pero el nivel de las argumentaciones por lo general fue bajo. En otro estudio reciente, Naylor et al. (2007) desarrollaron un marco para analizar el proceso de argumentación de niños de 7 a 9 años de edad basado en el proceso de la argumentación y no en el contenido lógico o elementos lingüísticos del argumento. Estos autores encontraron que inequívocamente los niños se implicaron en el proceso y que fue útil para ellos. Un aspecto significativo que resaltan estos autores es la forma en la que los niños co-construyeron los argumentos. La argumentación se centró más en buscar la mejor opción a través de un proceso colaborativo que en defender un particular punto de vista.

En general, las investigaciones realizadas en el área de la argumentación han mostrado que los estudiantes carecen de habilidades argumentativas (Driver et al., 2000). Por tanto, considerando que la argumentación desempeña un rol central tanto en la ciencia como en su enseñanza, el desarrollo de estas habilidades debe promoverse explícitamente a través de contextos de instrucción apropiados, tareas estructuradas y modelizaciones (Osborne et al., 2004).

➤ **Los modelos científicos precursores**

La construcción de modelos como representaciones simbólicas está basada en articulaciones progresivas entre los registros empíricos, formales y cognitivos (Weil-Barrais, 1997, 2001), sin embargo, la génesis y el uso de modelos en la enseñanza de la ciencia son el resultado de procesos educativos especialmente orientados, de larga duración, y necesitan de un alto nivel cognitivo para su construcción. En este sentido, el enfoque de *modelización* adopta una forma especial en la educación infantil, por lo que el concepto de *modelo científico precursor* (Lemeignan y Weil-Barrais, 1993; Weil-Barrais, 1997, 2001.) puede ser un enfoque fructífero para promover el progreso cognitivo de los niños (Ravanis, 2000). La construcción de modelos en niños pequeños no consiste en la adquisición del modelo en sí, sino de algunos elementos del mismo que les permitan ir ampliando el modelo científico. Los *modelos precursores* son construcciones cognitivas generadas en el contexto educativo y constituyen las bases para subsecuentes construcciones las cuales, sin estas bases, pueden ser difíciles o imposibles de construir (Lemeignan y Weil-Barrais, 1993; Weil-Barrais, 2001).

Los niños pequeños poseen un deseo natural de desarrollar modelos para interpretar el mundo que les rodea y utilizan los recursos a su alcance para hacerlo, sin embargo, no necesariamente seleccionan los recursos que les permiten reconocer o establecer relaciones desde el punto de vista científico. A partir de la observación y los datos disponibles, los niños pueden ir desarrollando un repertorio de modelos más potentes que les permitan acercarse a la resolución de nuevos problemas mejorando sus razonamientos (Leher y Schauble, 2000) y llevando gradualmente la ingenuidad de sus modelos iniciales hacia la complejidad de los modelos científicos (Arcá y Guidoni, 1989).

Este *modelo precursor* puede considerarse un *modelo de enseñanza*, en palabras de Gilbert y Boulter (1998) y de Erduran y Duschl (2004), o un *modelo escolar*, en palabras de Izquierdo et al. (1999) y Sanmartí (2005), es decir, un modelo especialmente construido para promover la comprensión del modelo consensuado (Gilbert y Boulter, 1998; Erduran y Duschl, 2004).

Basándose en el enfoque de *modelos científicos precursores*, algunos autores han diseñado estrategias de enseñanza con el objetivo de promover la construcción de diferentes modelos. Así, Koliopoulos et al. (2004) encontraron que niños de 5-6 años de edad pueden construir un modelo precursor relacionado con la flotación o el hundimiento de los cuerpos basado en un concepto intuitivo de densidad, considerando el tipo de material del que estaban hechos los objetos. Por su parte, Ravanis et al. (2004) señalan que niños de 5 a 7 años de edad lograron construir un modelo precursor de fricción al considerar el “peso” y la “naturaleza de la superficie de contacto” como variables importantes en la predicción del movimiento de un objeto. En otro estudio, Zogza y Papamichael (2000) encontraron que niños la misma edad fueron capaces de construir un modelo de ser vivo basado en funciones básicas relacionadas con la dependencia del medio ambiente, tales como la nutrición y la respiración, y la posibilidad de muerte cuando esta dependencia se interrumpe, considerando tanto a las plantas como a los animales. Aunque no situado en el enfoque de *modelos científicos precursores*, pero siguiendo el de modelización en general, y trabajando con niños de 7-8 años, Acher et al. (2007) señalan que los niños construyeron “un modelo de partes imaginario” basado en una visión continua de la materia que les permitió explicar los cambios en diferentes materiales.

### **2.3. Algunas consideraciones sobre el marco teórico**

En este estudio, en la primera fase de la investigación referente al análisis de documentos curriculares, se siguieron los criterios de Panza (1993) y de Posner (1998) para caracterizar los modelos curriculares y sus orientaciones teóricas.

Durante el desarrollo de la segunda fase de la investigación, se ha visto la ciencia como un proceso de articulación, prueba, evaluación y redefinición o revisión de

modelos que representan el mundo (Giere, 1988, 2002, 2004). Desde esta visión se considera que el conocimiento de varios dominios o subdominios de la ciencia se realiza, primeramente, en términos de familias de modelos que representan teóricamente aspectos importantes del mundo externo (Giere, 2004). Según Giere, las hipótesis científicas especifican las similitudes entre nuestros modelos y el mundo natural probadas empíricamente, y, por otra parte, también especifican las formas en las que varios modelos se relacionan unos con otros dentro de un dominio de conocimiento

De la misma forma, el aprendizaje de la ciencia se ha visto como un proceso de construcción de conocimiento dominio-específico, en el que se asume que el aprendizaje de dominios conceptuales, tales como la ciencia y las matemáticas, se caracteriza por el desarrollo de distintas estructuras y procesos dominio-específicos conceptuales. Por lo tanto, la instrucción se enfoca en ayudar a los niños a adquirir las ideas nucleares y formas de pensamiento que son centrales para un dominio particular de conocimiento.

Igualmente, se han tomado también en cuenta una serie de objetivos generales de la enseñanza de las ciencias en la educación infantil que han guiado el desarrollo del estudio:

- a) Aprender a mirar el mundo con otras miradas (la ciencia es acerca del mundo real).
- b) Aprender a emocionarse de una determinada manera (sentir curiosidad, interés, maravillarse)
- c) Aprender a pensar crítica y creativamente (la ciencia desarrolla habilidades de razonamiento, formas poderosas de pensar).
- d) Aprender a pensar científicamente (alfabetización científica).

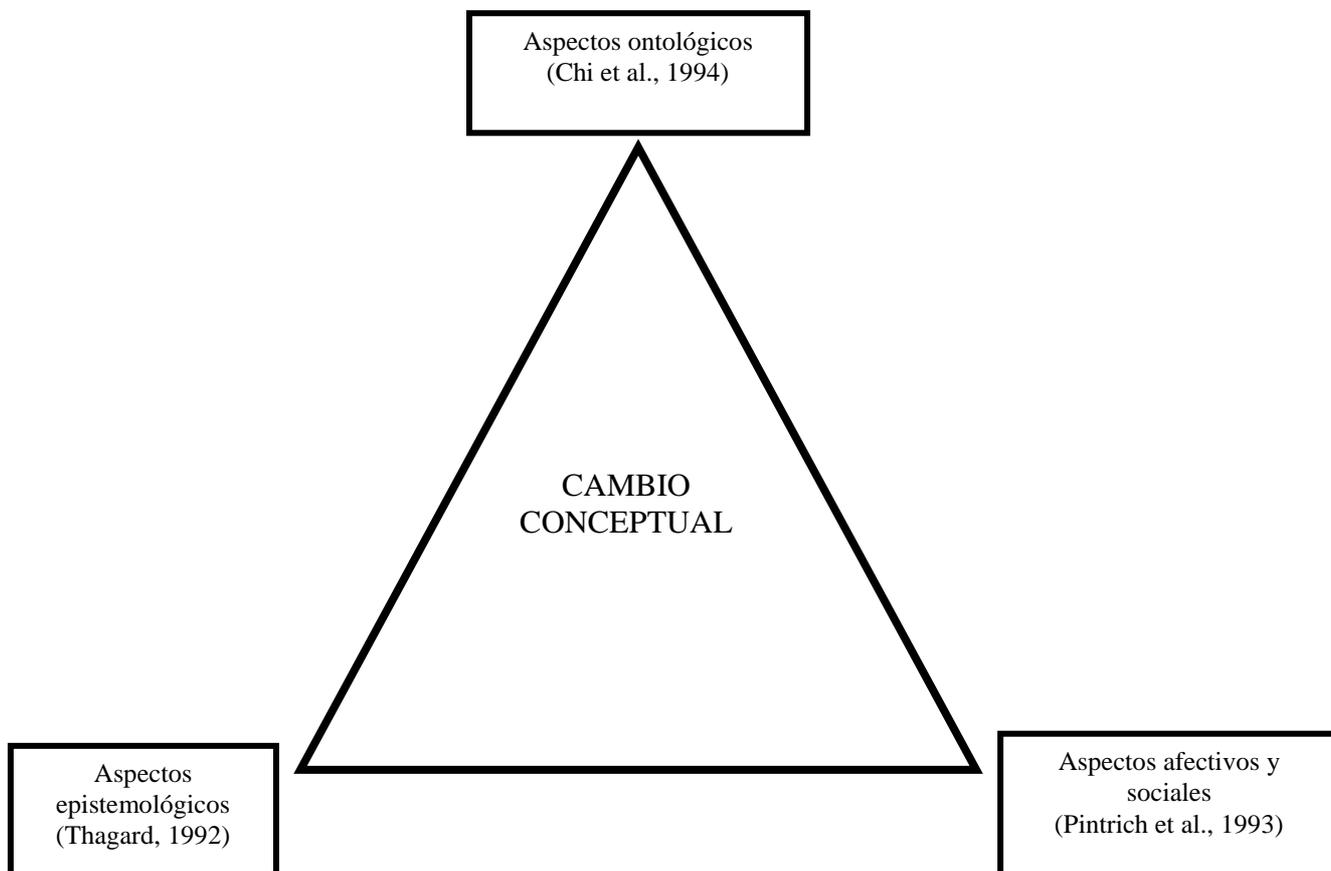
En cuanto al proceso de enseñanza-aprendizaje, se ha seguido el enfoque de la modelización como estrategia didáctica (Boulter, 2000; Boulter y Gilbert, 1996, 2000; Boulter y Buckley, 2000; Clement, 1989, 2000; Gilbert y Boulter, 1998, Gilbert et al 2000a; Gilbert et al., 2000b). Esta estrategia se ha basado en la construcción de modelos científicos escolares (MCE) (Izquierdo et al., 1999) por parte de los niños, particularmente, la construcción de modelos científicos precursores (MCP) (Lemeignan y Weil-Barrais, 1993; Weil-Barrais, 1997, 2001). Como se ha mencionado, la definición de modelo científico precursor parte de la idea acerca de la construcción de modelos

como representaciones simbólicas a partir de articulaciones progresivas entre el registro empírico, el registro formal y el registro cognitivo (Weil-Barais, 1997, 2001). Este enfoque se corresponde con lo que expresan el modelo cognitivo de ciencia de Giere (1988) y el modelo científico escolar de Izquierdo et al. (1999). Sin embargo, como se ha mencionado también, la construcción de los modelos científicos son producto de procesos educativos especialmente orientados, de larga duración y que necesitan de elaboraciones en un cierto nivel de pensamiento. Estos modelos sobrepasan considerablemente la estructura cognitiva de los niños pequeños por lo que la orientación de los esfuerzos para la iniciación en las ciencias de niños no puede ser la adquisición del modelo en sí mismo (Ravanis, 2000). Las representaciones y las transformaciones de las concepciones de los niños a partir de modelos precursores puede ser de utilidad en el proceso de aprendizaje.

Por otra parte, el proceso de enseñanza-aprendizaje se contextualiza en base a la perspectiva socioconstructivista (Driver y Scott, 1996) en la que se toman en cuenta tanto los aspectos sociales como individuales del aprendizaje. El aprendizaje se ha considerado como un producto de las interacciones sociales que tienen lugar alrededor de conceptos científicos clave. En este sentido, el contexto social se considera un factor determinante en la apropiación individual del conocimiento. Además, el aprendizaje se concibe como cambio conceptual. En esta perspectiva se considera que el contenido de la ciencia y la forma en la que las relaciones entre las ideas están organizadas juegan un papel muy importante en el proceso de aprendizaje. En este estudio el cambio conceptual se define como la reorganización del contenido existente y su enriquecimiento con la integración de nueva información.

En el análisis del cambio conceptual se han considerando varias perspectivas tal y como lo sugiere Tyson et al. (1997) (Figura 2). Se ha considerado una perspectiva ontológica siguiendo el modelo de Chi et al. (1994), ya que este enfoque puede proporcionar información acerca de bajo qué circunstancias se puede promover el cambio conceptual (Tyson, et al., 1997). Por otra parte, el cambio conceptual se analizó siguiendo el modelo de la coherencia explicativa de Thagard (1992), que tiene una connotación epistemológica. Este modelo permite llevar a cabo un análisis detallado del proceso de cambio. Asimismo, al parecer, este modelo proporciona más información para comprender la construcción y reconstrucción del proceso de conocimiento que una

visión bipartita que considera solamente niveles o grados bajos y altos (Havu-Nuutinen, 2005).



**Figura 4.** Modelo multidimensional para analizar el cambio conceptual.

De una forma general, también se analiza el contexto en el que se lleva a cabo el aprendizaje considerando la mediación de la construcción del conocimiento en la Zona de Desarrollo Próximo (Moll y Whitmore, 1993; Vygotsky, 1978). El análisis de este aspecto se ha llevado a cabo a través de interacciones verbales entre la docente y los niños (Hedges, 2000; Mason, 1998; Wertsch y Stone, 1985), donde la utilización de habilidades de pensamiento científico y discursivas (Mercer, 1994, Mercer et al., 2004; Phillips y Fisher, 1993), así como la utilización de herramientas técnicas juegan un papel muy importante (Daniels, 2001; Vygotsky, 1978).

La concepción de ciencia como un proceso de modelización del mundo; del conocimiento científico como familias de modelos que representan teóricamente

aspectos importantes del mundo externo; del aprendizaje de la ciencia como construcción o reconstrucción de modelos a partir de interacciones sociales; y del aprendizaje como cambio conceptual, han sido los aspectos fundamentales en los que se ha sustentado la presente investigación.

