

# El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas

*Fernando Flores\**

## Abstract

This paper is about the development and challenges of conceptual change theories. It begins with the description of the different approaches of conceptual change theories in terms of two major knowledge domains: Epistemological and Cognitive. A classification of conceptual change theories is proposed and an analysis about the origin and interpretations about the conception of concept in the main conceptual change theories is presented. Some considerations are made in relation with the multiple representations approach. Finally, reflection about some elements for reconstructing conceptual change theories are addressed.

## Introducción

En el desarrollo de la enseñanza de la ciencia de los últimos años el cambio conceptual ocupa, sin lugar a duda, un lugar importante. Sin embargo, debido a la complejidad que éste representa no se cuenta aún con una teoría que satisfaga todos los interrogantes que se presentan y que ha motivado que, de nueva cuenta, la pregunta ¿qué cambia en el cambio conceptual? se haya venido haciendo por los investigadores en los últimos años (Pozo, Gómez y Sanz, 1999; diSessa y Sherin, 1998). Esta situación refleja que el cambio conceptual es un proceso complejo, que no se trata simplemente de una sustitución de conceptos. Además, indica que el cambio conceptual está asociado a otros dos problemas complejos, ambos sin solución, al menos, cercana: cómo se construye el conocimiento y en qué consiste el aprendizaje.

Ante este panorama no resulta extraño que alrededor de este tema se hayan construido diversas posiciones que, si bien han contribuido a poner en claro ciertos aspectos del problema del aprendizaje de los conceptos, en muchos otros no parece haber avance y lo que es más importante, no han proporcionado más que alternativas parciales de eficacia

limitada para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. ¿Cuál es el origen de este problema?, ¿de dónde proceden las diversas posiciones?, ¿hacia dónde se encaminan las posibles soluciones?

A continuación se pretende ofrecer algunas ideas que puedan ayudar a comprender la situación actual del cambio conceptual, los orígenes y fundamentos de las distintas posiciones y, en la medida de lo posible, lanzar algunas ideas para superar esta situación.

## Orígenes y fundamentos del cambio conceptual

En la actualidad se cuenta con diversos artículos donde se presenta un panorama que da cuenta del surgimiento y desarrollo de más de veinte años de esta forma de ver el problema de aprendizaje —en especial el ligado a la enseñanza de la ciencia. Algunos ejemplos de estos trabajos relevantes de síntesis son los de Vosniadou (1999) y Duit y Treagust (2003).

Como en todos los aspectos que tienen que ver con la construcción y aprendizaje del conocimiento es usual encontrar, en la historia del pensamiento, antecedentes a concepciones como la del cambio conceptual; sin embargo, en la mayoría de los trabajos citados se reconoce que, en la época reciente, el trabajo pionero de Posner, Strike, Hewson, y Gertzog (1982) y, posteriormente, con mayor precisión y claridad los desarrollos subsecuentes de Strike y Posner (1985) ofrecen una de las primeras alternativas sólidas para proseguir, por un lado, con el análisis teórico y, por el otro, con la elaboración de estrategias de enseñanza encaminadas al logro de transformaciones conceptuales en los alumnos.

La concepción de cambio conceptual de estos autores se fundamenta en dos propuestas o vertientes sobre la construcción del conocimiento. Por un lado la procedente del análisis filosófico de la historia de la ciencia que plantearon T. Kuhn (1986) e I. Lakatos (1970) los cuales, si bien, presentan posiciones epistemológicas irreconciliables en cuanto a la racionalidad del cambio de teoría, coinciden en que, en el desarrollo conceptual de las teorías ha habido

\*Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, UNAM.

transiciones o cambios radicales denominados “revoluciones científicas”. Estas revoluciones implican un cambio en las ideas centrales o paradigmas que llevan a la constitución de nuevas teorías. Estos cambios implican que un paradigma se agota por su incapacidad de explicar cierto tipo de fenómenos, por lo que es sustituido por otro que los resuelve pero que, además, demuestran ser la base fructífera para un nuevo desarrollo. De lo anterior Strike y Posner (1985) desarrollan cuatro condiciones que deben darse para el cambio conceptual y que, debido a que se han descrito en muchos otros artículos, solo serán enunciadas: *insatisfacción, inteligibilidad, plausibilidad y fructificidad*.

Por lo que toca a la otra vertiente, ésta proviene del análisis del significado de los términos. Para Strike y Posner (1985) el significado no está ligado solamente a los aspectos semántico y sintáctico —como se establece en la visión clásica del análisis lingüístico que diferencia entre semántica y sintaxis, cada uno con criterios de verdad— sino que integra diversos aspectos contextuales, mismos que tienen implicaciones en la transformación de la “ecología conceptual” del sujeto (estructura conceptual interrelacionada donde entran en juego el conocimiento previo, los compromisos epistemológicos, las creencias, etcétera) a través del proceso que denominan “acomodación”, vocablo que en alguna medida refleja el uso asignado por Piaget (1985) al mismo y que implica reestructuración.

De lo anterior se puede establecer que los aspectos que se derivan del trabajo pionero de Strike y Posner y que enmarcan, de manera general, los posteriores modelos del cambio conceptual, pueden resumirse en lo siguiente:

- a) el aprendizaje es conceptualizado como un proceso de cambio conceptual;
- b) el cambio conceptual es un proceso mental del sujeto;
- c) es un proceso complejo que implica la transformación de diversos aspectos conceptuales y/o cognitivos del sujeto (ecología conceptual), y
- d) es un proceso que requiere de un tiempo no especificado, pero, en todo caso, no inmediato; así como del reconocimiento o conciencia del sujeto de las condiciones para el cambio.

### Diversidad de teorías del cambio conceptual

Como en todo campo que intenta dar cuenta del conocimiento, sea en su construcción, justificación o aprendizaje se presentan diversos enfoques desde los

**Cuadro 1.** Clases de teorías del cambio conceptual.

	Aproximación epistemológica (E)	Aproximación cognitiva (C)
Reemplazo de conceptos (R)	Teorías E–R	Teorías C–R
Sistema complejo (SC)	Teorías E–SC	Teorías C–SC

cuales abordarlo. Así, en el cambio conceptual se encuentra que, si bien los aspectos generales apuntados en el párrafo precedente son retomados de algún modo por los distintos enfoques del cambio conceptual, lo hacen desde perspectivas e interpretaciones distintas.

Estas perspectivas pueden determinarse por dos categorías principales: aquellas centradas en alguna aproximación epistemológica (E), cuyos orígenes se encuentran en la filosofía de la ciencia, y las centradas en alguna aproximación cognitiva (C), basada en la psicología cognitiva o de las ciencias cognitivas. Por otro lado, e independientemente de los problemas de precisión y falta de claridad en el manejo de los conceptos (conceptos, teorías y modelos) que apunta diSessa (2003), se encuentran concepciones que van desde considerar al cambio conceptual como reemplazo de unidades conceptuales totalmente definidas e invariantes, hasta aquellas donde el cambio ocurre en un sistema conceptual complejo. De esta forma se pueden tener teorías que, partiendo de una aproximación epistemológica se centren en el reemplazo (E–R) o bien que adopten esa idea del reemplazo desde una posición cognitiva (C–R). Por otro lado se encontrarán teorías que prefieran interpretar el cambio como un sistema complejo y que también pueden tener origen en la epistemología (E–SC) o en la cognición (C–SC). Esta diversidad de aproximaciones y sus posibles relaciones se pueden representar, de manera esquemática en el cuadro 1.

Como podrá notarse, la propuesta de Strike y Posner (1985) puede ubicarse dentro de las teorías E–R puesto que, si bien presenta que los conceptos se encuentran ubicados dentro de un “nicho ecológico”, el proceso de cambio que se logra con la acomodación implica que un concepto deberá ser sustituido por otro con las consecuentes transformaciones en la ecología conceptual del sujeto.

A continuación se describirán algunas teorías relevantes de cambio conceptual en función de la clasificación propuesta y, posteriormente, se establecerá un análisis en torno a sus posibles desarrollos a

partir de nuevas interpretaciones sobre las construcciones que hacen los sujetos como el caso de las representaciones múltiples.

**Teorías E–R.** Una de las teorías sobre cambio conceptual que podemos enmarcar dentro de esta clase, además de la ya mencionada de Strike y Posner (1985), es la que ha venido proponiendo S. Carey (1991). Carey, al igual que Strike y Posner, toma como base epistemológica del cambio conceptual, el cambio de teoría desarrollado por Kuhn (1986) pero centrado en el problema de la inconmensurabilidad local. En esta teoría los conceptos se conciben como “representaciones mentales estructuradas” (Carey, 1991, p. 258) correspondientes a un lenguaje. Así, el cambio conceptual está dado por el paso de la significación de términos del lenguaje de los niños a otro, inconmensurable, que tienen los adultos. El cambio conceptual se resume entonces al problema de la traducibilidad de un lenguaje  $L_1$  en otro lenguaje  $L_2$  donde ambos lenguajes no son conmensurables –en un sentido restringido, es decir son inconmensurables parcialmente. Carey retoma los argumentos de Kuhn (1986) y otros como Carrier (2001a) de que la inconmensurabilidad local no implica falta de comprensibilidad de las expresiones de un lenguaje a otro, debido a que se comparten algunos significados y existen algunos términos comunes, pero que, sin embargo, las representaciones que implican pueden no ser compatibles. Para mostrar la viabilidad de su propuesta, Carey (1992) utiliza ejemplos tomados de la historia de la ciencia –el caso del flogisto– como también de sus investigaciones sobre las relaciones peso/densidad en niños.

Carey reconoce que los procesos de cambio conceptual no tienen todos el mismo estatus e implican distintos niveles de transformación en términos de inconmensurabilidad; así, reconoce cambios en los que “lo que es periferia se convierte en el núcleo y viceversa”, “conceptos que son subsumidos en nuevas categorías ontológicas” y “conceptos que son embebidos en teorías inconmensurables locales” (Carey, 1991, p. 259). Es precisamente el último de estos procesos de cambio el más complejo y el que está ligado a un cambio radical de significado donde “la inconmensurabilidad involucra cambio al nivel de conceptos individuales en la transición de un lenguaje a otro” (Carey, 1991, p. 262). Para este cambio conceptual radical la autora establece tres procesos posibles: *diferenciación* que implica establecer una distinción entre conceptos que antes no estaban diferenciados, como el caso calor/tempera-

tura ocurrido en la historia de la ciencia y en las ideas de los alumnos; *coalescencia* que implica la integración de dos significados distintos en uno nuevo, por ejemplo la unificación de distintas clases de electricidad en un solo concepto y, el tercero el *cambio de una propiedad simple en una relación*, como el caso del peso, que pasa, de ser considerado una propiedad intrínseca del objeto a una relación entre fuerza gravitacional y masa.

Las características esenciales de la propuesta de Carey pueden resumirse en lo siguiente:

- los conceptos son estructuras de representación de un lenguaje y están claramente definidos;
- los sujetos construyen lenguajes localmente inconmensurables (lenguaje de los niños y de los adultos), y
- el cambio conceptual está referido al cambio de significados dados por los procesos de diferenciación, coalescencia y asignar relaciones a lo que antes eran conceptos simples.

**Teorías C–R.** Dentro de esta clase se encuentran varias de las teorías sobre cambio conceptual que han tenido influencia importante en el desarrollo de este campo. Comenzaremos por describir la teoría de las categorías ontológicas de Chi y colaboradores (Chi, 1992; Chi, Slota and Leeuw, 1994; Chi and Roscoe, 2003) quienes proponen que los sujetos clasifican los conceptos dentro de tres categorías ontológicas: *materia*, *eventos* y *abstracciones*. En esta aproximación las concepciones erróneas de los sujetos son debidas a las clasificaciones erróneas que ellos hacen de los mismos al ubicarlos en categorías ontológicas inadecuadas. En uno de sus últimos trabajos (Chi y Roscoe, 2003) distingue entre preconcepciones y errores conceptuales (*misconceptions*) reconociendo, en las primeras, errores de ubicación que pueden ser, usualmente, fáciles de corregir debido a que el error consiste en una mala ubicación dentro de la organización jerárquica de una misma categoría ontológica y, por otra parte, los errores conceptuales son difíciles de corregir debido a que implican una reasignación entre categorías ontológicas distintas. En general Chi y Roscoe (2003) establecen que el cambio conceptual es un proceso no problemático de reasignación o cambio, si bien no todo cambio es un cambio conceptual.

Chi (2003) explica la aparición de ambos tipos de fallos conceptuales (preconcepciones y errores conceptuales) debido a que el sujeto no tiene conciencia (*lack of awareness*) de su error en la ubicación de sus

conceptos y, por lo tanto, no reconoce cuándo deben hacer el cambio, o bien porque no cuenta con la categoría adecuada (*lack of alternative categories*) para ubicar sus concepciones.

Las características generales que nos permiten ubicar esta teoría dentro de esta clase C–R son:

- a) los sujetos tienen a disposición un conjunto de categorías ontológicas cada una de ellas con subcategorías jerárquicas, es decir, categorías donde ubicar por su naturaleza a los conceptos. Por ejemplo, en la categoría *materia* pueden ubicarse conceptos que hacen referencia a la materia y en la categoría *proceso* se ubican conceptos que implican relaciones o interacciones como el concepto fuerza;
- b) los conceptos son entidades invariantes que los sujetos obtienen como información y con los cuales construyen oraciones y modelos, y
- c) el cambio conceptual es un proceso de reubicación entre e intra categorías, y para que esto ocurra deberá de proporcionarse a los sujetos las categorías adecuadas y lograr que se den cuenta del error de clasificación.

Otra de las teorías significativas dentro de esta clase es la propuesta por Nersessian (1984, 1992) quien a través del desarrollo de un método de análisis del cambio de las ideas científicas que denomina *Análisis Histórico-Cognoscitivo* en el que “combina el estudio de casos de las prácticas científicas con las herramientas y teorías de las ciencias cognoscitivas para crear una nueva teoría abarcadora de cómo las estructuras conceptuales son construidas y cambiadas” (Nersessian, 1992, p. 5). A partir de este análisis histórico-cognoscitivo, la autora propone dos tipos de procesos que denomina *cinemática del cambio conceptual* y *dinámica del cambio conceptual* para los que, a su vez, asume que en ellos intervienen distintos tipos de representaciones que identifica como posicionales, modelos mentales e imágenes.

La *cinemática del cambio conceptual* describe las formas en las que dicho cambio ocurre y que Nersessian (1992) describe bajo las siguientes denominaciones: Conceptos Creados (como el spin), Conceptos que Desaparecen (como el calórico), Conceptos Descendientes (como la masa y el tiempo en la teoría de la relatividad especial) y Conceptos Absorbidos (propiedades de un concepto que pasan a otro como el éter en la teoría electromagnética). La *dinámica del cambio conceptual* está constituida por los procesos cognitivos que implican la creatividad y el razona-

miento y que Nersessian describe de manera específica como: razonamiento analógico; razonamiento imaginativo; experimentos pensados y el análisis de casos.

Nersessian (1984, 1992) analiza con estos elementos el desarrollo de conceptos como el de campo electromagnético desde sus orígenes en las ideas de Faraday hasta la concepción de Einstein. Sin embargo, no hace un análisis sobre las ideas y su transformación en el caso de los estudiantes y, por lo tanto, no queda clara su aplicabilidad más que los supuestos de su equivalencia.

Las características de esta teoría pueden ser sintetizadas de la manera siguiente:

- a) el proceso de construcción del conocimiento analizado desde la historia de la ciencia es equivalente a los procesos posibles del aprendizaje de los conceptos científicos;
- b) los sujetos construyen y se valen de proposiciones, modelos mentales e imágenes;
- c) el cambio conceptual es un proceso como ella lo llama de descubrimiento, de acuerdo con la clasificación del positivismo lógico, donde las nuevas concepciones ocurren por creación, desaparición, descendencia y absorción, y
- d) el cambio o creación de los nuevos conceptos es un proceso racional (analogías, modelos y análisis) y es progresivo en el sentido de que ocurre por cambios racionales; es decir, que los cambios precedentes explican los siguientes (a diferencia de los cambios revolucionario de Kuhn).

**Teorías C–CS.** Una de las teorías más representativas de esta clase es la desarrollada por Vosniadou y colaboradores (Vosniadou and Brewer, 1992; Vosniadou, 1994; Vosniadou, 2003). Estos autores reconocen que los procesos de construcción de las representaciones de los sujetos como las ideas previas y su transformación deben ser analizadas desde la perspectiva de sistemas de conocimiento con estructuras o subestructuras complejas y no como entidades aisladas.

En particular Vosniadou (1994) considera que los niños pequeños construyen “teorías” —desde luego que se refiere a teorías en un sentido restringido y no correspondiente con las características de las teorías científicas— que les permiten interpretar situaciones cotidianas y que constituyen explicaciones directas y coherentes que denomina “marcos explicativos coherentes”. Estos marcos no sólo les permiten a los sujetos interpretar los asuntos cotidianos

sino también la información nueva que proviene de la escuela. Estos marcos explicativos coherentes reflejan la complejidad de los sistemas de conocimiento puesto que en ellos pueden identificarse los compromisos epistemológicos de los sujetos y, desde luego, son sujetos de transformación y de revisión radical.

El cambio que Vosniadou (1994, 2003) propone, a diferencia de las teorías de reemplazo que proponen un cambio súbito o en un solo paso, es gradual y determinado por diversas circunstancias contextuales. Este cambio consiste en la interpretación que, a partir del marco o teoría de los niños, éstos hacen de la información escolar dando, como resultado, la construcción de un modelo sintético por lo general poco coherente. Este proceso lo denominan de *significado sintético* y con ello dan cuenta de la aparición de los preconceptos o ideas previas de los estudiantes. En general el *significado sintético* no logra el mismo nivel de coherencia que la teoría marco y esto es debido a la introducción de información que no corresponde con los supuestos ontológicos y epistemológicos del mismo. El resultado final es la construcción de un modelo sintético que sustituye al modelo original y que va, a su vez, transformándose de manera gradual a lo largo del paso de los sujetos por la escuela.

Entre las características generales que pueden rescatarse de esta teoría se encuentran:

- a) Los conceptos no se puede analizar en forma aislada y constituyen esquemas explicatorios coherentes (*coherent explanatory frameworks*);
- b) los marcos explicatorios son construcciones que elaboran los sujetos en su interacción cotidiana con los fenómenos;
- c) el cambio conceptual radica en el proceso de incorporación de información por medio de los *significados sintéticos* que modifican el marco inicial;
- d) la modificación o la construcción de los significados sintéticos hace que el sistema inicial se vuelva incoherente, y
- e) los nuevos modelos sintéticos son dinámicos y cambian gradualmente.

Otra aproximación dentro de esta clase que ofrece un marco general para interpretar el cambio conceptual es la propuesta por Pozo (2003), para quien los sujetos construyen lo que llama una *física intuitiva* que se encuentra determinada por las características cognitivas inherentes (o innatas) de los sujetos. Estas

características constituyen un sistema complejo bajo el cual se da el proceso de interpretación del objeto y que es determinada o sobre-impuesta por las restricciones del sistema cognitivo del sujeto de manera que, no se trata de un asociacionismo entre observables físicos, sino un proceso de internalización de acciones del sujeto sobre su entorno a partir de procesos cognitivos invariantes o generales a un cierto dominio (por ejemplo el dominio de la física) de la interacción sujeto-objeto.

Pozo (2003) propone cuatro procesos que funcionan como reguladores en la construcción de las representaciones implícitas que constituyen la física intuitiva y que parten de las primeras construcciones referidas al objeto como sustancia material que determina “una representación estable del mundo físico... objetos tridimensionales, sólidos que tienen una unidad y pueden contarse... ocupan un espacio físico que no puede ser ocupado simultáneamente por otro objeto y sólo pueden cambiar ese espacio físico por otro de acuerdo a ciertos principios del movimiento” (Pozo, 2003, p. 208). Los cuatro procesos son Semejanza, Contigüidad Espacial, Contigüidad Temporal y Covariación cualitativa o cuantitativa.

El cambio conceptual implicaría entonces una reconsideración y reestructuración, por procesos de aprendizaje explícitos, de la física intuitiva o teorías implícitas del mundo físico como él las denomina. Este proceso de reconsideración y reestructuración implica, desde cambios ontológicos, en el sentido de Chi (1992; 2003) hasta procesos que implican un sentido epistémico, es decir, procesos destinados a conocer las representaciones propias y hacer explícito el sistema conceptual en el que se enmarcan. Así, para Pozo el cambio conceptual no consiste en la sustitución o reemplazo de conceptos sino en la construcción de nuevas relaciones y, finalmente nuevas teorías. El cambio conceptual es entonces visto como “un cambio de concepciones o de sistemas de representación” (Pozo, 2001, p. 219)

Las características de esta aproximación se pueden resumir en lo siguiente:

- a) el sujeto por su herencia cognitiva (innata) tiene una visión de la realidad que implica una física intuitiva;
- b) la representación del objeto como entidad sustancial, impenetrable, numerable y sólida constituye el fundamento de la física intuitiva;
- c) sobre la física intuitiva o innata, operan cuatro procesos (semejanza; contigüidad espacial, con-

tigüedad temporal y covariación) con los que los sujetos construyen diferentes interpretaciones de los fenómenos que observan, y

- d) el cambio conceptual consiste en una reestructuración y/o construcción de nuevos sistemas de representación a través de una explicitación y análisis de las teorías intuitivas.

**Teorías E-CS.** Las teorías con esta orientación tratan de fundamentar su visión en la construcción de nociones desde una aproximación epistemológica que bien puede ser desde una perspectiva del cambio de teoría como el caso de Tiberghien (1994) o a partir de la elaboración de un esquema específico a partir de la construcción de categorías y nociones que den cuenta del proceso de construcción del conocimiento como el trabajo encabezado por diSessa (1993) el cual ha tenido una amplia repercusión en la reflexión sobre el aprendizaje de la ciencia.

La propuesta de Tiberghien (1994) considera que el cambio conceptual de los sujetos es análogo al que describe la epistemología de la ciencia para las teorías científicas. El modelo básico es la propuesta de Kuhn (1986) sobre las revoluciones científicas. En este artículo, Tiberghien propone un esquema con tres elementos: Teoría-Modelo-Campo Experimental de Referencia. La teoría está constituida por los fundamentos y principios sobre un campo específico, así como sus formas de razonamiento (la estructura y funciones matemáticas); el Modelo está constituido por las representaciones específicas de los fenómenos en un contexto particular, y el Campo Experimental de Referencia por todos aquellos fenómenos que son interpretados bajo el Modelo. Este esquema es trasladado al aprendizaje de la ciencia en el alumno de manera que se tiene una Teoría del alumno ( $T_L$ )-Modelo del alumno ( $M_L$ )-campo de experiencias del alumno.  $T_L$  está conformada por los procesos de razonamiento lineales (o de causas eficientes como la autora propone siguiendo la terminología aristotélica) sobre las acciones de una entidad física. Por ejemplo, “lo que es caliente (agente) causa el calentamiento (paciente)” (Tiberghien, 1994, p. 79).  $M_L$  por su parte corresponde a las afirmaciones y predicciones que elaboran los estudiantes sobre un contexto específico; por ejemplo, “el calor no fluye en la madera y por ello no se calienta” (Tiberghien, 1994, p. 80). El proceso de cambio conceptual, entonces, podrá estar referido a dos niveles: al nivel de modelo  $M_L$  y al de teoría  $T_L$ . En el nivel de  $M_L$  el cambio es semántico, es decir

radica en las modificaciones en los términos que son incorporados a dicho modelo; éste es el cambio más usual en el aula. Por su parte, el cambio a nivel de  $T_L$  implica una transformación en los procesos de causalidad y es un cambio más complejo.

La propuesta de Tiberghien está centrada en los siguientes aspectos:

- los estudiantes construyen teorías basadas en procesos inferenciales para un dominio específico, con lo que elaboran un modelo particular;
- es posible hacer una analogía entre el proceso de cambio de las teorías científicas con las teorías de los estudiantes, y
- el proceso de transformación puede ocurrir en dos niveles, el del modelo y el de teoría, y ambos constituyen procesos de aprendizaje.

A. diSessa y sus colaboradores han venido haciendo una crítica al uso confuso y poco formal de los términos concepto, modelo conceptual y teoría que aparecen de diversos autores sobre cambio conceptual, en particular a varios de los ya referidos previamente. Ante esta situación han venido construyendo una serie de términos y sus propiedades tratando de evitar las ambigüedades que se han presentado en otros trabajos y que terminan por oscurecer la comprensión del cambio conceptual.

Para diSessa (1993, 2003) la construcción de nociones o conceptualizaciones de los sujetos se enmarca en una estructura compleja, donde los mismos conceptos científicos son interpretados como sistemas complejos en sí (diSessa y Sherin, 1998; diSessa, 2003). Propone que para describir el proceso de elaboración conceptual se cuenta, al menos, con dos tipos de construcciones, los “primitivos fenomenológicos” (*p-prims*) y las “clases de coordinación” (*coordination classes*). Los primitivos fenomenológicos dan cuenta de las representaciones directas que los sujetos elaboran o identifican de su interacción con su fenomenología inmediata. Son conceptualizaciones que, de alguna manera, describen un proceso o funcionamiento con el que se interpreta lo observable. No son articulaciones complejas que impliquen modelos o teorías (a diferencia de otras propuestas como las de McCloskey, 1983; Vosnia - dou, 1994 y 2003; Teiberghien, 1994; o Pozo, 2003) y, por consiguiente, son entidades unitarias o atómicas, lo cual implica que representan un conocimiento fraccionario y biunívoco. Los *p-prims* cumplen, sin embargo, con un conjunto de características y propiedades como son: ser pequeñas y monolíticas;

abundantes; funcionan por reconocimiento –de ahí el carácter biunívoco–; son plausibles y parecen muy naturales; constituyen explicaciones de primera instancia; no dependientes de los datos (fluidez); no se conectan fácilmente con el lenguaje o no se pueden expresar con un lenguaje preciso; son abstracciones mínimas y su desarrollo se da por reorganización, es decir, no cambian, permanecen en los sujetos y no son extinguidas por los conceptos científicos. Así, aun los expertos en un campo, en circunstancias coloquiales emplean *p-prims* sin que perciban conflicto con sus concepciones científicas. Para diSessa los *p-prims*, “constituyen el bulto (pero no la totalidad) de la física intuitiva” (diSessa, 2003, p. 38).

En el otro extremo se encuentran las conceptualizaciones debidas a las *clases de coordinación* que, como su nombre indica, son más complejas, no intuitivas e inmediatas, sino que implican un proceso de coordinación entre elementos en torno a una representación específica. Por ejemplo el caso del concepto *fuerza* implica toda una serie de formas de reconocerla, interpretarla y utilizarla para las explicaciones de los fenómenos correspondientes. Las clases de coordinación son correspondientes a los acercamientos y a las conceptualizaciones científicas de los sujetos y su construcción requiere de un proceso de estructuración de largo plazo. “A diferencia de los *p-prims*, los cuales juegan un papel tanto en el pensamiento experto como en el novato, las clases de coordinación pueden no existir en el pensamiento intuitivo” (diSessa, 2003, p. 43).

Las clases de coordinación representan para diSessa un proceso de interpretación de la fenomenología. En ese sentido, su idea de concepto no es inclusión de conceptos en categorías, sino la de conceptos como formas de ver, de obtener e interpretar información, cómo ‘ver en diferentes situaciones’ puede constituir la función básica de los conceptos (*coordination classes*) puesto que consideran que cambiar la forma de ver es el problema central del cambio conceptual (diSessa y Sherin, 1998).

En esta idea de concepto como una construcción de interpretación o de forma de ver los procesos, diSessa plantea dos estrategias principales de interacción y obtención de información del mundo: las estrategias de lectura o codificación de datos (*readout strategies*) y, lo que denomina, red causal (*causal net*). En el primer caso, sobre todo cuando no se cuenta con un sistema de conceptos y formas más elaboradas y complejas, los sujetos desarrollan formas de interpretar situaciones en función de los

datos dentro de un contexto específico y, desde luego, totalmente dependientes de él. Por su parte, con la red causal, los sujetos no requieren de la observación directa del hecho y pueden hacer inferencias por medio de abstracciones a partir de información previa que coordinan con la que se presente en ese momento.

Como podrá notarse, para diSessa el cambio conceptual está determinado por los cambios en las estrategias de obtención e interpretación de información a partir de una clase de coordinación (un concepto). Así, una clase de coordinación es un sistema dinámico que cambiará en función de la mayor o diferente coordinación, debida a la expertez de los sujetos sobre una clase fenomenológica (por ejemplo todos aquellos fenómenos donde aparecen las fuerzas).

Las características generales de la propuesta de diSessa y su colaboradores puede resumirse en lo siguiente:

- a) se propone desarrollar conceptos precisos con características que los definan y que eviten las ambigüedades en el uso de términos como concepto, teoría y modelo;
- b) se proponen dos formas de conceptualización una intuitiva, estrecha e inmediata (*p-prims*) y otra como un sistema complejo con formas diversas de interpretación y representación de los fenómenos o procesos naturales (*coordination classes*);
- c) los primitivos fenomenológicos constituyen las ideas físicas intuitivas y no se articulan entre sí, son parciales y referidas a un solo observable;
- d) los primitivos fenomenológicos no son transformados o cambiados, sólo son reubicados y utilizados en contextos específicos;
- e) las clases de coordinación son conceptos que dan cuenta de la interpretación de todo un dominio fenomenológico;
- f) las clases de coordinación no son intuitivas y requieren de un proceso de construcción largo, si bien dependiente del contexto, y
- g) las clases de coordinación son transformables y el cambio conceptual implica su transformación.

### Origen de las representación e idea de concepto en las teorías de cambio conceptual: un breve análisis

Expuestas las diversas teorías de cambio conceptual y sus principales características de acuerdo con su aproximación cognitiva o epistemológica, cabe preguntarse sobre el origen de esas diferencias y sobre

cómo la noción de concepto es abordada por cada una de ellas. Esto permitirá establecer, junto con otras consideraciones que más adelante serán expuestas, algunos indicadores y directrices sobre lo que podría esperarse del desarrollo de las teorías del cambio conceptual.

El análisis que a continuación se presenta está centrado en los siguientes aspectos: el tratamiento y conceptualización que presentan las diferentes posiciones en torno al término concepto, el origen de las representaciones de los sujetos y el tipo de procesos que estarían involucrados en el cambio conceptual.

### *Concepciones de concepto*

A) Aproximaciones derivadas de la perspectiva cognitiva. En cuanto a cómo enfrentan la idea de concepto las teorías que proceden de la aproximación cognitiva, las teorías C-R en especial, lo conciben como un elemento unitario con significado, es decir, un concepto es un término que de manera unívoca y precisa denota una entidad abstracta con la que se representa un proceso, cualidad, forma o relación. Además, para estas aproximaciones el significado está determinado de manera externa. Por ejemplo, en el caso de la propuesta de Chi (1992), los conceptos son entidades pertenecientes a clases ontológicas predeterminadas donde el estudiante no tiene más que saber su ubicación adecuada –desde luego con los atributos que implica cada clase– y contar, entonces, con una clara diferenciación entre las distintas clases y relaciones jerárquicas. Así, en este tipo de teorías de cambio conceptual los conceptos son elementos reubicables y sustituibles. En el caso ejemplificado de Chi (1992, 2003), la introducción de las categorías ontológicas no aporta nada con respecto al origen de esas categorías dado que éstas, también son elementos aportados al sujeto y no se hace explícita la diferenciación entre conceptos y categorías. En el caso de propuestas como la de Vosniadou (1994) si bien el proceso de cambio no se remite a conceptos aislados, la idea de concepto como entidad unitaria dotada de significado externo no cambia, y los procesos de cambio están centrados en la construcción de entidades que los relacione como el *significado sintético* que proponen. Ambas propuestas no analizan la idea de concepto, la usan como una entidad dada o un hecho de la realidad. En el uso que hacen de concepto, modelo y teoría dejan ver no sólo falta de claridad sino un uso indiferenciado, lo que se ha prestado a numerosas confusiones en la

interpretación de lo que implica el cambio conceptual como lo ha hecho notar diSessa (2003).

B) Aproximaciones derivadas de un enfoque epistemológico. Las teorías derivadas de esta aproximación son mucho más cuidadosas en precisar el uso que hacen de los términos o, como en el caso ya citado de diSessa, proponen una terminología específica que intente superar las posibles ambigüedades derivadas del lenguaje con el que se han venido construyendo, no sólo las teorías de cambio conceptual, sino también las investigaciones en otros campos de la enseñanza de la ciencia. Carey (1992), por ejemplo, utiliza la noción de concepto asociada a la inconmensurabilidad, por lo que el significado del concepto está determinado por la teoría en la que se propone y tiene los atributos que lo hacen un concepto de dicha teoría y, si bien son entidades definidas dentro de ese entorno teórico –lo cual implica que podrán tener un significado diferente en otro– no son elementos reubicables sino que requerirán de un proceso de reelaboración o transformación. El caso de diSessa, como se ha descrito, plantea la constitución de una terminología precisa donde las concepciones de los sujetos se describan en función de su proceso de elaboración. Así, las concepciones de “primitivos fenomenológicos” y de “clases de coordinación”, pretenden dar precisión a un lenguaje que describa los procesos de construcción conceptual de los sujetos. Los primitivos fenomenológicos serán entonces las ideas intuitivas de los sujetos y las clases de coordinación los conceptos propiamente dichos, pero estos últimos no como entidades unitarias o atómicas, sino como sistemas de conocimiento, con relaciones que podrán irse modificando conforme el sujeto va estableciendo nuevas relaciones y significados.

Como podrá notarse las diferencias sobre la terminología son significativas y, por consiguiente, las implicaciones que tienen los dos enfoques sobre la forma de comprender el cambio conceptual también implican, necesariamente, visiones y procesos diferentes.

### *Origen de las representaciones*

Como en el caso anterior las dos aproximaciones presentan importantes diferencias. Desde la aproximación cognitiva las representaciones y el significado de los conceptos son determinados de manera externa al sujeto y, por consiguiente, aparte de las elaboraciones intuitivas derivadas de las interacciones fenomenológicas cotidianas, son presentadas a

los estudiantes como entidades que tienen que acomodarse dentro de su sistema o esquema cognitivo. Así, los conceptos científicos y sus ideas previas son el producto del contexto escolar o social inmediato y el sujeto las ubica de manera equivocada (el caso de Chi) o las integra y modifica con otras (como en las propuestas de Vosniadou y Pozo). Desde la otra aproximación, la epistemológica, las representaciones de los sujetos tienen su origen en sus propias construcciones a través de la elaboración de un lenguaje propio, como en la propuesta de Carey, o en la construcción de nociones funcionales unitarias, es decir, apropiadas para cada fenomenología específica como los primitivos fenomenológicos de diSessa.

Las diferencias marcadas de estas dos posiciones sobre el origen de las representaciones (conceptualizaciones) de los sujetos, tiene, desde luego, implicaciones en los procesos de transformación o cambio conceptual. Así, desde la aproximación cognitiva el énfasis del cambio conceptual se encuentra, como se ha apuntado, en la reubicación de conceptos y/o en su combinación o integración con otros. En ambos casos el cambio conceptual es un proceso, relativamente simple, que se efectúa en un solo momento, es decir ocurre o no.

Por su parte, la aproximación epistemológica ve el cambio conceptual desde un punto de vista más complejo y que no necesariamente debe ocurrir en un momento determinado, sino que, por el contrario, es un proceso de largo plazo. Por ejemplo, en la propuesta de Strike y Posner, el cambio requiere de un proceso de acomodación que implica una transformación de la “ecología conceptual” a partir de un conjunto de condiciones que no necesariamente se presentan al sujeto de manera simultánea. En el caso de Carey es un proceso largo de construcción de un lenguaje inconmensurable con uno anterior y en el de diSessa del establecimiento de clases de coordinación como sistema de conocimiento y, por lo tanto, se trata, en todos los casos, de un proceso dinámico.

Cabe hacer notar que tanto las teorías de reemplazo (C-R y E-R) como las de sistemas (C-CS y E-CS) no comparten la misma visión de reemplazo y significado respectivamente; es decir, mientras que reemplazo en el caso cognitivo es entendido como reubicación o integración, en el epistemológico se entiende como un proceso de internalización y transformación de las condiciones conceptuales iniciales y formas de razonamiento y representación y, por su parte, mientras que desde la perspectiva cognitiva la idea de sistema complejo se interpreta como conjunciones de conceptos, desde la perspectiva epistemológica se interpreta como sistemas interrelacionados e interdependientes que cambian con la construcción de nuevas relaciones.

En la tabla 2 se resumen las anteriores consideraciones.

Ante esta situación caben diversas preguntas como, ¿qué tipo de teorías de cambio conceptual son las más adecuadas para describirlo y promoverlo?, ¿es necesario construir nuevos enfoques?, ¿puede, como sugiere Mayer (2003), llevarse a cabo una síntesis con los elementos comunes que presentan algunas de las teorías analizadas?, ¿hay nuevas evidencias o formas de interpretar las concepciones de los sujetos que lleven al cambio conceptual por otros caminos?, ¿cuáles de las teorías descritas pueden adaptarse mejor a nuevos enfoques sobre la representación de la fenomenología por los sujetos?, ¿siguiendo siendo útil y fructífera la idea de cambio conceptual?

Antes de aventurar algunas respuestas y comentarios a esas preguntas es necesario dar cuenta de si se han elaborado alternativas a la interpretación de las ideas de los sujetos en un marco distinto al de la necesaria transformación en una dirección, es decir, desde las ideas previas hasta el conocimiento científico.

**Tabla 2.** Concepción de concepto, origen de los conceptos y procesos de cambio.

	Concepción de concepto	Origen de la conceptualización	Interpretación del cambio conceptual
Teorías C – R	Entidad unitaria definida externamente.	Dada al sujeto (por el entorno o por otros sujetos).	Reemplazo de conceptos, proceso simple y abrupto.
Teorías E – R	Entidad unitaria cuyo significado depende de la teoría o sistema de interpretación al que pertenece.	Elaborado por los sujetos en función de estructuras y procesos cognitivos.	Reemplazo de conceptos, proceso complejo y progresivo.
Teorías C–CS	Entidad compleja constituida cuyo significado depende de un esquema cognitivo básico.	Determinado por las condiciones cognitivas innatas del sujeto, en su aspecto más básico o de manera externa.	Síntesis e integración de conceptos, proceso complejo y progresivo.
Teorías E–CS	Entidad dinámica que evoluciona en función del contexto y de nuevas relaciones.	Elaborado por los sujetos en función de estructuras y procesos cognitivos.	Proceso de construcción de nuevos conceptos y/o evolutivo de conceptos, proceso complejo y de largo plazo.

## Representaciones múltiples y cambio conceptual

Caravita y Halldén (1994) han hecho notar –desde los inicios de las discusiones sobre el cambio conceptual– que en la mayoría de las teorías de cambio conceptual que se han analizado, subyace la imagen de que tanto el desarrollo de las teorías científicas como los procesos cognitivos de los científicos comparten rasgos e identidades con los procesos de transformación conceptual de los estudiantes y que, desde su perspectiva, esto no corresponde a lo que ocurre en el aula. En particular remarcan que tanto los procesos de construcción analizados desde el desarrollo histórico, como la constitución formal de las teorías y las formas de interacción entre pares, no ocurren entre los estudiantes, distinguiendo así entre la ciencia escolar y la que corresponde a la investigación científica. Este planteamiento, que si bien no se aplica de la misma forma a todas las teorías de cambio conceptual descritas, plantea la necesidad de determinar otros referentes sobre los cuales abordar el cambio conceptual centrados, principalmente, en el análisis de los procesos de construcción que pueden observarse en los sujetos en las situaciones de aula, con el contexto que esto implica y, sobre todo, con una mirada hacia las construcciones específicas de los sujetos sin el referente de la construcción del conocimiento científico, independientemente de la posición epistemológica que se adopte.

Entre los puntos esenciales que Caravita y Halldén (1994) proponen se encuentra superar la visión del conflicto cognitivo y verlo en términos de una descentración que implica una extensión, ampliación de perspectivas o posibilidades de elementos conceptuales de interpretación, o como expresan: “Nosotras argumentamos que el propósito del aprendizaje, de la ciencia por ejemplo, no es la de abandonar viejas ideas a favor de nuevas, sino, por el contrario, extender nuestro repertorio de ideas acerca del mundo físico y cultural, en orden de refinar su organización y coherencia” (Caravita y Halldén, 1994, p. 106).

Esta aproximación implica un análisis menos unidireccional del proceso de cambio conceptual por uno donde se da cabida a cambios en distintas direcciones y ámbitos que entran en juego en el proceso de construcción conceptual de los estudiantes y a ampliar la perspectiva de la coexistencia exitosa de representaciones diversas en ellos.

Una posición más radical en torno a que el problema de la enseñanza de la ciencia debe descentrarse del cambio conceptual en el sentido unidirec-

cional es propuesta por Spada (1994), quien establece que “... una nueva meta instruccional debe ser formulada, la meta de promover representaciones mentales múltiples. El estudiante debe aprender a ver las limitaciones de cada representación y a usarlas exitosamente en el contexto apropiado” (Spada, 1994, p. 115). Sin embargo, no deja claro lo que implica el uso exitoso en el contexto apropiado y si esas múltiples representaciones son producto de un cambio conceptual previo.

Un análisis más detallado sobre los conceptos y su relación con los sujetos los propone Säljö (1999) quien, en la misma dirección que Caravita y Halldén (1994) hace notar que en la mayoría de las aproximaciones sobre el cambio conceptual, los conceptos están centrados en los sujetos y no en las relaciones entre ellos. Así, hace una crítica sobre los conceptos como entidades monolíticas que existen de manera individual en los sujetos y propone que el análisis debe hacerse desde una perspectiva donde cierta colectividad de sujetos es la que determina los usos, aplicaciones y significados de dichos conceptos –enfoco que se deriva desde una posición socio-cultural. Así, para Säljö, la interacción debe tomar en cuenta la experiencia y prácticas sociales. Por lo que toca al papel que tienen los conceptos, desde esta aproximación, es principalmente utilitario. Así, ante las diversas interpretaciones como las diferencias entre las ideas previas y las correspondientes científicas, este autor describe que “... la diferencia importante es que los seres humanos tienen la habilidad de desarrollar significados mediacionales que sirven para propósitos diferentes” (Säljö, 1999, p. 89). De esta forma, los conceptos son herramientas semióticas que la gente usa cuando habla y piensa, es decir cuando hay un contexto determinado que exige la interacción y la acción entre las personas.

Recientemente Ivarsson, Schoultz y Säljö (2003) han apuntado que los conceptos y su uso no son entidades pertenecientes a los sujetos en el sentido de ser entidades mentales en su sistema cognitivo, sino que son un producto de la práctica social, es decir, son una especie de herramientas –principalmente lingüísticas, pero también de objetos– que son utilizadas en función del contexto en el cual se encuentran inmersas. Lo anterior implica que, dependiendo de dónde se utilicen, en qué contexto físico y de objetos, así como de intenciones, los sujetos harán interpretaciones e internalizaciones de conceptos y relaciones entre conceptos para dar respuesta a esa situación específica, sin que sean,

como apuntaría, una perspectiva centrada en las entidades mentales, elementos pertenecientes y estructuradores de las representaciones de los sujetos. Así se concibe al conocimiento, y en particular a los conceptos, como elementos externos a los sujetos, que se encuentran en la colectividad por medio del lenguaje y que son, por consiguiente, usados de diversas maneras dando como resultado representaciones múltiples. En este estudio, los autores hacen notar que, ante preguntas sobre la forma de la Tierra y cómo las personas se ubican en ella desde el punto de vista gravitacional, las respuestas que obtienen cuando se interroga a los niños junto con objetos físicos como un globo terráqueo y mapas, son diferentes a las obtenidas por Vosniadou (1994) quien no utiliza ningún objeto en su investigación. Con ello intentan mostrar que, dependiendo de los elementos sobre los que se construye la interpretación, los resultados son diferentes, fortaleciendo el hecho de que existen diversas representaciones en los sujetos dependiendo del contexto y condiciones de la tarea.

Sin duda que el contexto juega un punto muy importante en la construcción de nociones como ha sido mostrado por Clough y Driver (1986) y Flores y Gallegos (2001) entre otros, pero esto no necesariamente demuestra que los sujetos no poseen entidades conceptuales, a menos claro está que, como en la visión cognoscitivista, los conceptos sean unidades monolíticas con significado.

Las representaciones múltiples han sido motivo de investigación desde diversos enfoques y, actualmente, es un campo que ha mostrado ser fructífero pues describe en diversas temáticas cómo los sujetos mantienen y usan distintas aproximaciones de una fenomenología específica. Por ejemplo, estudiantes de química, en todos los años de la carrera, mantienen, si bien con variaciones porcentuales, las mismas categorías representacionales y modelos de interpretación de la estructura de la materia (Gallegos, 2002). Otros estudios previos sobre otras poblaciones han mostrado también esta coexistencia de formas de abordar cierta fenomenología que no cambian con los niveles escolares, sino que se usan en contextos específicos (Mortimer, 1995; Pozo, Gómez y Sanz, 1999; Taber, 2001). Otro tipo de trabajos que apuntan hacia esta representación múltiple son los que han mostrado cómo el contexto fenomenológico determina el tipo de representación que los sujetos construyen (Flores y Gallegos, 1998; 2001). Si bien hay que hacer notar que estos trabajos no se encuentran en relación

directa con la visión socio-histórica de autores como Säljö (1999) o Caravita y Halldén (1994).

Al igual que las propuestas de cambio conceptual centradas en los sujetos han dado lugar a un conjunto de interrogantes, las propuestas que implican un manejo colectivo –socio-histórico– de los conceptos dejan diversas preguntas entre las que podemos destacar las siguientes: ¿si el papel del sujeto es el uso e internalización de la construcción colectiva, cómo se dan las variaciones de significado y, sobre todo, cómo se construyen nuevos conceptos?, ¿qué implica desde los puntos de vista cognitivo y epistemológico la internalización?, ¿cómo se puede explicar la influencia de los objetos en las representaciones que elaboran los sujetos si no hay un cierto nivel de representación mental en los individuos y que, como apuntan Ivarsson, Schoultz y Säljö (2003) generan respuestas diferentes?

A pesar de las interrogantes que surgen del enfoque de las representaciones múltiples y que tienen que ver de manera fundamental con la concepción de cognición y de procesos epistemológicos de los sujetos, el reconocimiento de que el factor socio-histórico y, sobre todo, el que los sujetos tienen concepciones y representaciones que coexisten, plantea nuevos elementos o evidencias con lo que se da respuesta a la pregunta hecha algunos párrafos anteriores sobre si hay nuevos elementos que considerar en torno al cambio conceptual.

Nuevos elementos como los que se derivan de las representaciones múltiples y reflexiones que proponen preguntas como las derivadas de las distintas teorías del cambio conceptual, plantean una revisión y reflexión en torno al desarrollo que pudieran tener nuevas aproximaciones en torno al cambio conceptual.

### **Consideraciones finales. ¿Hacia dónde podrá orientarse el cambio conceptual?**

Como se puede notar de lo desarrollado en los párrafos precedentes, el cambio conceptual es una posición sobre el aprendizaje que ha venido cambiando y ante la cual se encuentran diversas teorías que pretenden dar cuenta de la forma en la que los sujetos construyen y transforman su conocimiento, específicamente, el que tiene que ver con la construcción de representaciones de nociones abstractas o conceptos.

Sin embargo es claro que ninguna de las teorías presentadas –siguiendo sólo el camino que se han trazado– dará respuesta definitiva al complejo cam-

bio conceptual (que por cierto es un nombre que queda asociado a las primeras nociones de sustitución y que habrá que dotar de un significado más amplio). Ante esta situación, es necesario iniciar un replanteamiento que indique, al menos, parámetros o condiciones que debe cumplir una teoría de cambio conceptual que resuelva, en la medida de lo posible, las problemáticas que se han planteado. Es claro que una reunión o conjunción de elementos de teorías –como propone Mayer (2003)– resulta imposible debido a que, como se ha hecho notar, provienen de supuestos irreductibles. En todo caso, habría que pensar en la posibilidad de sintetizar o reunir procesos conceptuales que están implícitos en las distintas teorías analizadas.

Resulta interesante hacer notar que, de la clasificación que se ha propuesto, las teorías que ofrecen mayor potencialidad para tratar la problemática del cambio conceptual con la inclusión de los aspectos del contexto y la multirrepresentacionalidad son las que se derivan de una visión epistemológica en primer lugar y, en segundo, las que conciben los conceptos y el proceso de cambio como sistemas complejos, es decir las teorías E–R y E–CS. La visión de conceptos y de cambio conceptual como sistemas está estrechamente relacionada con el hecho de considerar que los sujetos desarrollan diversas representaciones como variaciones posibles de una conceptualización y, por otro lado, la idea de transformación por medio de teorías inconmensurables para la construcción de nuevas representaciones da la posibilidad de explicar la coexistencia de tales representaciones variadas.

Por su parte, las teorías centradas en el reemplazo conceptual, en especial las teorías C–R, presentan mayores limitaciones dada su escasa flexibilidad, en particular, debido a que los conceptos son consideradas entidades que no admiten variaciones sino solo pertenencia a clases o integraciones de significado. Sin embargo, las teorías C–CS permiten cierto margen de flexibilidad en la creación de significados sintéticos que, en parte son correspondientes con una visión socio-histórica.

Ante el panorama presentado e intentando dar respuesta a si el cambio conceptual continúa siendo una idea fructífera a la luz de las dificultades y nuevos planteamientos y también nuevas interrogantes que las teorías, por sí solas no se encuentran en posición de resolver –en especial la explicación de la internalización y creación desde la posición socio-histórica– se hace necesario establecer un conjunto de supues-

tos que deberán ser tomados en cuenta por nuevas propuestas sobre el cambio conceptual.

El conjunto de supuestos y consideraciones que se presentan a continuación es un intento por sintetizar los cuestionamientos y panorama presentado y no se pretende más que puntualizar elementos para la discusión sobre las posibles orientaciones que podría tomar el cambio conceptual.

**Construcción de una terminología adecuada y precisa.** Uno de los problemas que se presenta en la comprensión y comparación de teorías del cambio conceptual son las dificultades que se derivan de la imprecisión del uso de términos que, como ha apuntado diSessa (2003), no basta con sacarlos del diccionarios sino que es necesaria la construcción de términos y significados que de manera clara y sin posibilidad de ambigüedades constituyan la base de una propuesta que considere la construcción de nociones y conceptos que permitan una integración de procesos diversos y nuevas aproximaciones.

**Relación representación-interpretación.** Es frecuente encontrar en las diversas propuestas de cambio conceptual que los conceptos implican una representación, es decir, una forma de conceptualizarlos que tiene que ver con la asignación de una funcionalidad simbólica, lógica o de forma. Sin embargo, la asignación de significado conlleva un proceso en sentido inverso, es decir, donde la conceptualización implica la interpretación o, en otros términos, la construcción de otra función que asigne relaciones que operen sobre lo representado. Esta mutua dependencia entre representación e interpretación constituye, como apuntan Ibarra y Morman (1997), un proceso que, si bien puede diferenciarse, no puede separarse, por lo que la construcción conceptual implica de manera simultánea ambos elementos y, por consiguiente el cambio conceptual deberá operar sobre ambos.

**Conceptos como construcciones del sujeto.** Si bien la visión socio-histórica plantea que los conceptos no son elementos mentales de los sujetos, ello no resuelve el problema de cómo el sujeto los utiliza, los internaliza y, por consiguiente, los transforma. Esto lleva a la necesidad de reconsiderar, como en la mayoría de las teorías de cambio conceptual, que los conceptos sí son elementos propios del sujeto y que con ellos construye un sistema representacional que, desde luego, será dinámico y estará influenciado del contexto socio-histórico.

**Concepto como proceso dinámico o sistema de conocimiento.** Además de contar con categorías pre-

cisas, la idea de concepto centrada en una entidad totalmente definida y acotada dentro de un proceso de desarrollo del sujeto o dentro del proceso histórico de una ciencia es una idea poco afortunada que no sólo restringe las posibilidades de darle significado, sino que no da elementos para una visión donde predomine la construcción, la evolución y la multiplicidad representacional. Por ello, los conceptos deben ser considerados como un asunto complejo, que no sólo implica diversos elementos contextuales de significación sino que, además, implica una evolución implícita que permite un desarrollo que lleva al sujeto a “ver”, a través de ellos, nuevas y diversas relaciones y perspectivas. Una muestra clara de cómo es posible concebir a un concepto como sistema de conocimiento se encuentra en Bachelard (1982) quien desarrolla los múltiples significados del concepto de masa y, como cada uno de ellos, implica una forma de representarlo e interpretarlo.

**Dependencia interpretativa y sistema conceptual.** Si bien la dimensión socio-histórica (Ivarsson, Schoultz y Säljö, 2003) y el constructivismo social (Cobern, 1993) hacen notar la dependencia de la colectividad de los sujetos en el uso compartido de significados de los conceptos, esto es, de su interpretación, también es cierto que estos elementos cobran sentido debido a una estructura conceptual o, usando los términos de Strike y Posner (1985) y diSessa (2003), de una *ecología conceptual*. Así, esta estructura conceptual –cuyos elementos siempre están por ser determinados– es un aparato complejo sobre el cual se conciben las representaciones e interpretaciones, pero también, en su dinámica, se encuentran implícitos los procesos de cambio.

**Factores contextuales.** Como ya se ha mencionado, una visión compleja o sistémica de los conceptos implica una relación estrecha de éstos con el contexto en el cual se desarrollan y se transforman. En estos procesos el contexto interviene de manera activa siendo a su vez elemento de construcción e interpretación que constriñe, a su vez, en el sujeto, la construcción de nociones interdependientes con él, y que dan lugar a representaciones diversas y a operacionalizaciones e inferencias también distintas que se muestran, por ejemplo (Flores y Gallegos, 1998), en la construcción de modelos parciales de una misma fenomenología.

**Multirepresentacionalidad.** Las representaciones múltiples como contraste de teorías uniformes y coherentes han ido presentado, como se ha hecho notar, un panorama cada vez más claro de la forma en la que

los sujetos interaccionan conceptual y/o cognitivamente con su entorno fenoménico y, por otra parte, concuerdan con la visión de sistemas complejos de los conceptos y con la relación de la construcción de las representaciones con el entorno contextual tanto físico –es decir, de procesos y objetos– como socio-cultural.

**Incommensurabilidad y multirepresentacionalidad.** Asociada a las representaciones múltiples se encuentra la incommensurabilidad local que explica la coexistencia –sin contradicción para el sujeto– de esas diversas formas de representación e interpretación que construye y que van más allá del aspecto lingüístico solamente como ha sido propuesto por Carey (1992), y que tienen que ver con todo el esquema o aparato conceptual de los sujetos correspondientes a la articulación de estructuras con las que se interpretan y evolucionan los conceptos, al menos desde un sentido teórico (Carrier, 2001a; 2001b).

**Contexto socio-histórico.** Este factor si bien requiere, desde mi punto de vista, de mayor investigación por lo que toca a su relación con el aprendizaje de los conceptos científicos es, sin duda, un aspecto que habrá que contemplar en el desarrollo de las teorías de cambio conceptual y, haciendo una conjetura, posiblemente en un sentido de síntesis de manera análoga al análisis histórico de Holton (1998) donde confluyen dos vías, que él denomina la trayectoria del conocimiento personal o privado y la trayectoria del conocimiento público.

Como conclusión cabe señalar que todos estos elementos apuntados no son más que consideraciones tentativas que podrán ayudar a darnos cuenta de que, el cambio conceptual, en la medida que se acerque más a una teoría del conocimiento, será más compleja pero que, por contraparte, tendrá mayores posibilidades de contribuir al mejoramiento de la enseñanza de las ciencias. ■

## Referencias

- Bachelard, G., *La filosofía del no. Ensayo de una filosofía del nuevo espíritu científico*, Amorrortu editores, Buenos Aires, 1984.
- Caravita, S. and Halldén O., Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 89-111, 1994.
- Carey, S., Knowledge Acquisition: Enrichment or Conceptual Change, in Carey, S. and Gelman R. (editors) *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition*, Lawrence Erlbaum, New Jersey, USA, 1991, p. 257-292.
- Carey, S., The Origin and Evolution of Everyday Concepts, in Giere R. (editor) *Cognitive Models of Science*, (Minnesota Studies in the Philosophy of science vol. XV), University of Minnesota Press, Minneapolis, USA, 1992, p. 92-128.
- Carrier M., Shifting Symbolic Structures and Changing Theories: On the Non-Translatability and Empirical Comparability of

- Incommensurable Theories, In Ferrari, M., Stmatescu, I, *Symbol and Physical Knowledge*, Spriger, Hildelberg, Alemania 2001a, p. 125-148.
- Carrier, M., Changing Laws and Shifting Concepts: On the Nature and Impact of Incommensurability, in Hoyningen-Huene, P., Sankey, H (editors) *Incommensurability and Related Matters*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 2001b, p. 65-90.
- Clough, E and Driver, R., A study of consistency in the use of students' conceptual framework across different task contexts. *Science Education*, **70**, 473-496, 1986.
- Cobern, W., Contextual Constructivism: The impact of Culture on the Learning and Teaching, in Tobin (editor) *The Practice of Constructivism in Science Education*, Erlbaum Associates, Publishers, New Jersey, USA, 1993.
- Chi, M., Conceptual Change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science, in Giere R. (editor) *Cognitive Models of Science*, (Minnesota Studies in the Philosophy of science vol. XV), University of Minnesota Press, Minneapolis, USA, 1992, p. 129-186.
- Chi, M., Slota, D. and Leeuw, N., From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts, *Learning and Instruction*, **4**(1), 27-44, 1994.
- Chi, M. and Roscoe R., The processes and challenges of conceptual change, in Limón, M and Mason L., (editors) *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 2003, p. 3-28.
- diSessa A. Toward an epistemology of physics, *Cognition and Instruction*, **10**(2-3), 105-225, 1993.
- diSessa, A., Why "conceptual ecology" is a good idea, in Limón, M and Mason L., (editors) *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 2003, p. 29-60.
- diSessa, A. and Sherin, B., What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, **20**, 1155-191, 1998.
- Duit R., and Treagust D., Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning, *International Journal of Science Education*, **25**(6), 671-688, 2003.
- Flores, F. y Gallegos, L., Partial possible models: an approach too interpret students' physical representation, *Science Education*, **82**, 15-29, 1998.
- Flores, F. y Gallegos, L., Construcción de conceptos físicos en estudiantes. La influencia del contexto, *Perfiles Educativos* **21**(85, 86), 90-105, 1999 (publicación 2001).
- Gallegos, L., Comparaciones entre la evolución de los conceptos históricos y las ideas de los estudiantes: El modelo de la estructura de la materia, Tesis de doctorado, UNAM, México, 2002.
- Holton G., *Einstein, Historia y otras pasiones*. Taurus, Madrid, España, 1998.
- Ibarra, A. y Morman, T., *Representaciones en la ciencia. De la invariancia estructural a la significatividad pragmática*. Ediciones del Bronce, Barcelona, España, 1997.
- Ivarsson, J., Schoultz, J. and y Säljö, R., Map reading versus mind reading: revisiting children's understanding of the shape of the earth, in Limón, M and Mason L., (editors) *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 2003, p. 77-100.
- Kuhn, T., *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1986 (séptima reimpresión).
- Lakatos, I., Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes, in Lakatos, I. and Musgrave A., (editors) *Criticism and the growth of knowledge*, Cambridge, Gran Bretaña, 1970, p. 91-196.
- Mayer, R., Understanding conceptual change: A commentary, in Limón, M and Mason L., (editors) *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 2003, p. 101-111.
- McCloskey, M., Naïve theories of motion, in Gentener, D. and Stevens, A., (editors) *Mental Models*, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, USA, 1983, p. 299-324.
- Mortimer, E., Conceptual Change or Conceptual Profile Change?, *Science & Education*, **4**, 267-285, 1995.
- Nersessian, N., *Faraday to Einstein: Constructing Meanings in Scientific Theories*, Martinus Nijhoff, Dordrecht, Holanda, 1984.
- Nersessian, N., How Do Scientists Think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science, in Giere R., (editor) *Cognitive Models of Science*, (Minnesota Studies in the Philosophy of science vol. XV), University of Minnesota Press, Minneapolis, USA, 1992, p. 3-44.
- Piaget, L., *The Equilibration of Cognitive Structures*, University of Chicago Press, Chicago, USA, 1985.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. y Gertzog W., Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, **66**, 211-227, 1982.
- Pozo, J., *Humana mente: el mundo la conciencia y la carne*, Morata, Madrid, 2001.
- Pozo, J., *Adquisición de conocimiento*, Morata, Madrid, 2003.
- Pozo, J., Gómez, M and Sanz, A. When change does not mean replacement: Different representations for conceptual change, in *New Perspectives on Conceptual Change*, Schnotz S., Vosniadou, S and Carretero M (editors), Pergamon, Gran Bretaña, 1999, p. 161-174.
- Säljö, R., Concepts, Cognition and Discourse: From Mental Structures to Discursive Tools, in *New Perspectives on Conceptual Change*, Schnotz S, Vosniadou, S and Carretero M., (editors), Pergamon, Gran Bretaña, 1999, p. 81-90.
- Tiberghien, A., Modeling as a basis for analysing teaching-learning situations, *Learning and Instruction*, **4**(1), 1994, 71-88, 1994.
- Taber, K., Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions, *International Journal of Science Education*, **23**(7), 731-753, 2001.
- Spada, H., Conceptual change or multiple representations?, *Learning and Instruction*, **4**(1), 113-116; 1994.
- Strike K., and Posner, G., A conceptual change view of learning and understanding, in West, L. and Pines, L., (editors) *Cognitive structure and Conceptual Change*, Academic Press, Orlando, USA, 1985, p. 211-231.
- Vosniadou, S., Capturing and modeling the process of conceptual change, *Learning and Instruction*, **4**(1), 45-70, 1994.
- Vosniadou S., Conceptual Change Research: State of the Art and Future Directions, in *New Perspectives on Conceptual Change*, Schnotz S., Vosniadou, S and Carretero M (editors), Pergamon, Gran Bretaña, 1999, p. 3-14.
- Vosniadou, S., On the nature of naïve physics, in Limón, M and Mason L., (editors) *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 2003, p. 61-76.
- Vosniadou, S., and Brewer, W., Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood, *Cognitive Psychology*, **24**, 535-585, 1992.