

CAMBIO CONCEPTUAL: ANÁLISIS CRÍTICO Y PROPUESTAS A LA LUZ DE LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO*

Conceptual change: critical analysis and proposals in the light of the meaningful learning theory

Marco Antonio Moreira¹

Ileana María Greca²

Resumen: Se hace un análisis crítico del tema cambio conceptual, a lo largo de un período de 20 años, a partir de una revisión parcial de la literatura y del referencial de la teoría del aprendizaje significativo. En dicho análisis se destaca la necesidad de atribuir significados al concepto de cambio conceptual que no conlleven la idea de sustitución o reemplazo de concepciones en la estructura cognoscitiva del sujeto que aprende, y se proponen significados en la línea del aprendizaje significativo, de discriminación de significados, de desarrollo/enriquecimiento conceptual, de evolución conceptual.

Unitermos: cambio conceptual; teoría del aprendizaje significativo

Abstract: *A critical analysis of the conceptual change issue, over a twenty-year period, is done in the light of a partial review of the literature and of meaningful learning theory. In this analysis, the need to assign new meanings to the concept of conceptual change that do not imply the idea of substitution or replacement of conceptions, in the learners' cognitive structure, is stressed. The discrimination of meanings, conceptual development/enrichment, and conceptual evolution are proposed.*

Keywords: *conceptual change; meaningful learning theory*

Introducción

Según Pozo (1993, p. 193), “si la década de los setenta fue para la enseñanza de la ciencia la ‘edad de Piaget’, la década de los ochenta puede calificarse muy bien como ‘la época de las concepciones alternativas’”. La insatisfacción con el concepto piagetiano de estadio, unida a varios factores psicológicos y didácticos, ha hecho que las investigaciones se hayan ido orientando progresivamente hacia el estudio de las ideas de los alumnos sobre fenómenos científicos específicos”.

Sin embargo, si encajamos en la ‘época de las concepciones alternativas’ también algunos trabajos pioneros, como las tesis doctorales de Driver (1973) y Viennot (1979), que trataban básicamente de la detección de concepciones alternativas, concluiremos que esa época empezó, de hecho, en los años setenta.

* *Adaptado de los trabajos On C-mapping, V-mapping, conceptual change and meaningful learning presentado en el III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educativas en Ciencias y Matemática, Ithaca, Cornell, 1er al 4 de agosto de 1993 y Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo presentado en el II Simposio sobre Investigación en Educación en Física, Buenos Aires, Argentina, 3 al 5 de agosto de 1994, en la Conferencia Internacional “Science and Mathematics Education for the 21st Century: Towards innovative approaches”, Concepción, Chile, 26 de septiembre a 1ro de octubre de 1994, y en el Seminario Taller sobre Innovaciones en la Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Básica, Montevideo, Uruguay, 24 al 28 de octubre de 1994.*

¹ Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS - Brasil – e-mail: moreira@if.ufrgs.br

² Profesora do Departamento de Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Luterana do Brasil, Campus Canoas, Rio Grande do Sul, Brasil. Programa Internacional de Doutorado em Ensino das Ciências, Universidade de Burgos, Espanha e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. – e-mail: ilegreca@terra.com.br

Una muestra de esto son los resultados presentados en la revisión de los trabajos publicados en el área de la enseñanza de las ciencias realizada por Pfundt y Duit (1994). En 1970 Duit contabiliza 76 trabajos que enfocan este tema, pasando a 242 entre 1970-1979, 1220 en 1980-1989, y 1818 entre 1990-1994, llegando a aproximadamente 5000 en 2000 (Pfundt y Duit, 2000). Si comparamos, por ejemplo, los trabajos sobre nuevas formas de enseñanza publicados en los mismos períodos – 6, 30, 349 y 696, respectivamente – podemos observar que la mayor parte de la investigación en el área se ha centrado en estos estudios sobre las concepciones de los estudiantes.

Como se observa de esos datos, hasta los años noventa, se siguieron haciendo estudios que son simple relevamiento de concepciones alternativas. Pero en términos de evolución de la investigación en concepciones alternativas, los estudios netamente de relevamiento de tales concepciones parecen ser más característicos de los años setenta hasta, quizás, los primeros años ochenta. Esos estudios – que fueron extremadamente importantes para el desarrollo de la investigación en didáctica de las ciencias – han confirmado con abundantes datos que los alumnos tienen sus teorías personales implícitas (Pozo, 1992; Rodrigo, Rodríguez y Marrero, 1993) y que tal conocimiento previo es un factor muy relevante para el aprendizaje de las teorías científicas. Quizás se pueda decir, sin mucho riesgo, que la investigación sobre las concepciones alternativas ha confirmado lo que decía Ausubel (1963, 1968) unos años antes: el conocimiento previo es el factor aislado que más influye en el aprendizaje.

El impacto de los primeros estudios sobre concepciones alternativas no solamente resultó en una cantidad enorme de investigaciones de la misma naturaleza sino que también en investigaciones con otros objetivos. ¿Cómo es la interacción entre el conocimiento previo y un nuevo conocimiento aparentemente incompatible?; ¿por qué persiste el conocimiento previo? ; ¿a través de qué proceso(s) las personas cambian sus concepciones alternativas por concepciones aceptadas en el contexto científico? ; ¿cómo ocurre el cambio conceptual?

Tantos fueron los intentos de contestar cuestiones de ese tipo, es decir, respecto al cambio conceptual que no sería una exageración clasificar la década de los ochenta, en lo que se refiere a la investigación en didáctica de las ciencias, como la “década del cambio conceptual”.

En este trabajo intentamos analizar críticamente lo que ha pasado con la idea de cambio conceptual desde esa década y proponemos nuevos significados para este constructo. En términos de fechas, estamos hablando, más o menos, del período que va desde 1982/83 hasta 2002/2003. Estas posiciones están respaldadas, en parte, por un estudio hecho por Moreira (1993) para la revista *Enseñanza de las Ciencias* respecto a todo lo que fue publicado en sus páginas en sus diez primeros años (1983-1992), pero reflejan, antes de todo, nuestra experiencia como investigadores en enseñanza de las ciencias y como teóricos de la línea del aprendizaje significativo de Ausubel y Novak (1978; Moreira y Masini, 1982; Moreira, 1983, 1985, 1991; Moreira y Buchweitz, 1993; Moreira, 1999, 2000).

La década del cambio conceptual

A pesar de que, como bien señala Pozo (1992, p. 5), según Piaget el progreso en el conocimiento científico es esencialmente estructural y no conceptual como sugieren los estudios sobre cambio conceptual, es exactamente en un constructo de este autor que se puede encontrar un primero modelo explicativo para este tipo de cambio. En particular, la concepción piagetiana de acomodación provee una posible explicación:

Por mucho tiempo se ha aceptado que la acomodación cognitiva requiere alguna experiencia que provocaría un estado de desequilibrio, disonancia o conflicto cognitivo en el alumno. Implícitamente se admitía que tal conflicto conduciría a una acomodación cognitiva que aparecería como un inmediato cambio conceptual (Nussbaum, 1989, p. 537).

En una situación de enseñanza formal, la estrategia de conflicto implicaría que el profesor generase una disonancia cognitiva en el alumno suficientemente grande para llevar a una acomodación pero no tan grande que condujera al abandono de la tarea. El resultado de la acomodación sería un cambio conceptual.

Silveira (1991), por ejemplo, ha propuesto una estrategia en la cual el profesor empezaría la clase como si las concepciones alternativas de los alumnos fueran científicamente correctas, usándolas para explicar algunos fenómenos físicos con total acuerdo de los alumnos. Pero, a continuación, el uso de tales concepciones debería llevar a conclusiones erróneas, además de no ser capaz de explicar unas cuantas situaciones físicas.

Para Nussbaum (ibid.) la estrategia de conflicto recuerda la visión de Karl Popper (1987) que mantiene que las teorías son falseadas y entonces rechazadas en base a un experimento crucial. Sin embargo, otros filósofos de la ciencia argumentan que hay otros mecanismos para rechazar teorías. El conflicto entre la teoría vigente y la contra-evidencia generada por el experimento crucial no es suficiente para rechazar la teoría. Hipótesis *ad hoc*, por ejemplo, pueden ser siempre propuestas por los científicos para salvar la teoría.

Análogamente, el conflicto cognitivo, por más crucial que sea, no parece ser suficiente para rechazar definitivamente una concepción alternativa. Los alumnos pueden siempre proponer hipótesis auxiliares para salvar sus teorías implícitas. (Según Pozo, las concepciones alternativas resultan de, o son, teorías personales implícitas con las cuales los no expertos en un área interpretan lo que sucede a su alrededor; 1992, p. 7)

Antes de pasar a otro modelo de cambio conceptual cabe reiterar que las estrategias de conflicto cognitivo, a pesar de aparentemente basadas en un constructo clave de la teoría de Piaget – la acomodación –, no representan la visión piagetiana de cambio, pues el cambio piagetiano es estructural, relativo a operaciones cognitivas cualitativamente distintas, no conceptual, referente a conceptos específicos.

Más cerca de las visiones filosóficas de ciencia de Thomas Kuhn (1978) e Imre Lakatos (1989) que de la de Karl Popper, Posner et al. (1982) han propuesto un modelo de cambio conceptual que se popularizó en la década de ochenta.

Según dicho modelo, a pesar de que existan varias condiciones para el cambio conceptual, hay cuatro que parecen ser comunes en la mayoría de los casos (op. cit. p. 214):

1. *Debe existir una insatisfacción con las concepciones existentes.* Es improbable que científicos y alumnos hagan cambios radicales en sus conceptos a menos que perciban que pequeñas mudanzas no funcionan más.
2. *Una nueva concepción debe ser inteligible.* El individuo debe ser capaz de entender el nuevo concepto lo suficiente para explorar sus posibilidades.
3. *Una nueva concepción debe parecer inicialmente plausible.* Cualquier nuevo concepto adoptado debe por lo menos parecer tener la capacidad de resolver los problemas generados por sus predecesores.

4. *Una nueva concepción debe sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero.* El nuevo concepto debe tener el potencial de ser extendido a otras áreas, de abrir nuevas posibilidades.

Resumiendo, según el modelo de Posner et al. hay condiciones para el cambio conceptual cuando existe insatisfacción con la concepción que uno tiene y cuando el individuo se encuentra con una nueva concepción (científicamente aceptada) que es inteligible y le parece plausible y fructífera¹. Este modelo a pesar de tener otra base epistemológica (Kuhn) respecto a la estrategia de conflicto (Piaget/Popper) no es incompatible con ella. En realidad, Posner y sus colaboradores lo han propuesto como condiciones para la acomodación de una concepción científica, aunque no se comprometan con la teoría piagetiana (op. cit. p. 212).

Otro investigador que toma como base el modelo kuhniano de cambio de paradigma para explicar el cambio conceptual desde el ámbito de la Psicología Cognitiva es Susan Carey (1985, 1991). Según Carey, los seres humanos nacemos con sistemas de conocimientos en algunos dominios, como el del lenguaje, el de los objetos físicos y el de los números, que nos permiten organizar los estímulos del mundo exterior. Cada uno de estos sistemas es aplicado a diferentes conjuntos de entidades y fenómenos, y están organizados alrededor de ciertos principios centrales, diferentes para cada cuerpo de conocimientos. Este conjunto de conocimientos se constituyen en teorías a partir de las cuales los conceptos son explicados. Estas teorías, al organizar los estímulos del mundo exterior, permiten que podamos percibir ciertas cosas como cayendo dentro de su dominio y por lo tanto razonemos sobre ellas a partir de los principios que regulan el dominio en cuestión. Estas teorías de dominio pueden sufrir modificaciones estructurales a lo largo de la vida, por ejemplo cuando los conceptos que de ellas emergen resultan inadecuados para la comprensión del mundo, lo que le permite a Carey postular que los conceptos pueden evolucionar o aprenderse a partir de lo que llama de *cambio conceptual*. Plantéandose en una posición diferente del innatismo y del empirismo que, aunque partiendo de presupuestos opuestos consideran que la adquisición de nuevos conceptos ocurre solamente por un proceso de "enriquecimiento" de los conceptos anteriores, Carey (1991, p. 258) sostiene que la posición del cambio conceptual permite la alternativa de que los nuevos conceptos adquiridos puedan no ser definibles en los términos de los conceptos que ya se poseen. Aún admitiendo que algunos aspectos del razonamiento del sentido común en la edad adulta parecen ser solamente enriquecimiento de las teorías iniciales, sostiene que la historia de la ciencia y de la matemática muestra que el cambio conceptual no sólo es posible como que existe. El cambio conceptual que ella propone envuelve cambios en los principios centrales (*core principles*) que rigen la definición de las entidades y las formas de razonamiento sobre las mismas en un dado dominio, provocando el surgimiento de nuevos principios, inconmensurables con los antiguos. Estos cambios pueden consistir en diferenciaciones conceptuales, en la unificación de conceptos antes considerados como diferentes o en nuevos análisis que transforman ciertos conceptos de simples propiedades en relaciones fundamentales, que llevarían tanto a cambios en la posición que los conceptos ocupan en las teorías (conceptos periféricos pasan a ocupar posiciones centrales) como en su re-localización en nuevas categorías ontológicas, llevando simultáneamente a modificaciones en el dominio de los fenómenos explicados y en la naturaleza de las explicaciones aceptadas. Carey va a hablar

¹ Cabe destacar que existen diferentes versiones de este modelo del cambio conceptual, así como algunos autores que describen el cambio conceptual de esta manera contabilizan otros tipos de cambios como cambios conceptuales (diSessa y Sherin, 1998). Thagard (1992), por ejemplo, usa una escala de nueve cambios posibles para analizar casos de cambios en la historia de la ciencia, en donde seis de ellos son considerados como cambios conceptuales.

entonces de reestructuraciones débiles o fuertes, dependiendo de las partes de las teorías personales afectadas por el cambio. Carey propone que el mecanismo fundamental para este cambio conceptual sería el mapeamiento de propiedades de un dominio para otro. Este modelo, sin embargo, ha tenido muy poca influencia en la investigación en enseñanza de las ciencias.

¿Será posible el cambio conceptual?

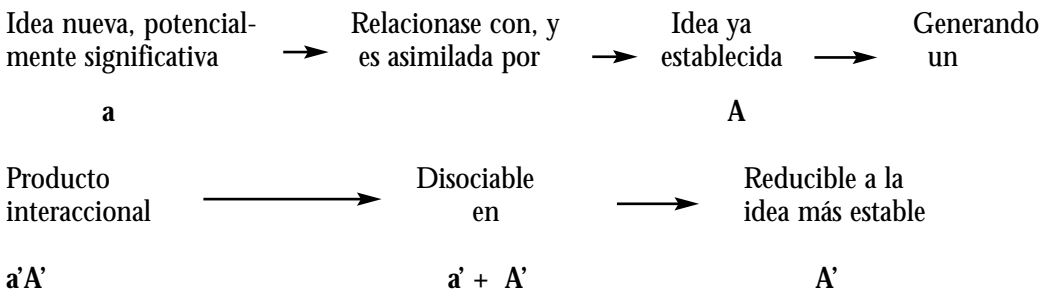
Los dos primeros modelos – el del conflicto cognoscitivo y el de Posner et al. – compatibles y/o complementarios, parecieron tan atractivos a los investigadores y a los docentes que generaron un gran número de estudios sobre cambio conceptual en las últimas décadas. Sin embargo, parece que todavía estamos en el mismo punto; no hemos progresado mucho respecto al cambio conceptual. Es cierto que cambios conceptuales han sido relatados en distintas asignaturas y en diferentes niveles de enseñanza. Entretanto, la persistencia de concepciones “viejas”, “erróneas” o “alternativas”, dependiendo de la situación, es perturbadora y desalentadora para muchos docentes e investigadores.

En nuestra manera de ver, el problema con el modelo piagetiano/popperiano de conflicto cognitivo, y el modelo kuhniano de Posner et al. es que ellos sugieren el cambio conceptual como un reemplazo de una concepción por otra en la estructura cognitiva del aprendiz. O, por lo menos, así son interpretados por muchos investigadores y docentes.

Creemos que este tipo de cambio conceptual no existe. A propósito, estamos hablando de cambiar concepciones alternativas aprendidas de modo significativo, o sea, por aprendizaje significativo en el sentido utilizado por Ausubel y Novak (1983). Estamos refiriéndonos a concepciones alternativas “resistentes al cambio” como, por ejemplo, la “proporcionalidad entre fuerza y velocidad” en vez de fuerza y aceleración, calor como “calórico” no como energía en tránsito, o las estaciones del año como “resultado de la variación de la distancia sol-tierra” no de sus posiciones relativas. Una vez que esos significados son productos de aprendizajes significativos ellos no son “borrables”. Es una ilusión pensar que un conflicto cognitivo y/o una nueva concepción plausible, inteligible y fructífera conducirá al reemplazo de una concepción alternativa significativa. Cuando las estrategias de cambio conceptual son bien sucedidas, en términos de aprendizaje significativo, lo que hacen es agregar nuevos significados a las concepciones ya existentes, sin borrar o reemplazar los significados que ya tenían. O sea, la concepción tornase mas elaborada, o más rica, en términos de significados agregados a ella, o evoluciona sin perder su identidad.

Aprendizaje significativo y cambio conceptual

Según Ausubel y Novak la asimilación de una nueva idea, o un nuevo significado, puede ser descrita de la siguiente manera:



Es decir, el estadio final del proceso de asimilación es el subsumidor (la idea-ancla original) modificado. La modificación es en el sentido de que al final del proceso ello tiene

significados que son residuos de sus significados originales y de los significados adicionales que fueron asimilados.

Desde este punto de vista, el cambio conceptual, en el sentido de sustituir significados, no existe. El aprendizaje significativo no es borrable; significados internalizados significativamente (i.e., incorporados a la estructura cognitiva de modo no-arbitrario y no-literal) quedan para siempre en la estructura cognitiva del aprendiz, como posibles significados de un subsumidor más elaborado, rico, diferenciado. Es como si cada individuo tuviera su historia cognitiva personal y no-borrable.

Críticas al modelo de Posner et al.

Desde su aparición, el modelo del cambio conceptual fue muy influyente y ampliamente aceptado, pero en los últimos años se ha visto que es inadecuado. No hay prácticamente evidencias efectivas de la ocurrencia de cambio conceptual en los alumnos (Mortimer, 1995), y los trabajos de investigación dirigidos para provocarlo evidencian la enorme dificultad para que éste se dé (Marin, 1999). En general los estudiantes no abandonan sus concepciones previas, que continúan usando mayoritariamente en los contextos cotidianos (Duit, 1996). Además de esta falta de evidencias, la racionalidad del modelo, que deja de lado factores no cognitivos como los motivacionales y el contexto del aula, ha recibido serias críticas (Pintrich, Marx y Boyle, 1993). Otros autores cuestionan también estas restricciones del modelo, abogando por la necesidad de pensar en el caso del aprendizaje de conceptos científicos en un cambio que incluya no sólo lo conceptual sino también lo procedimental y lo actitudinal (Gil et al., 1999) o, también, que el cambio conceptual exige, antes de más nada, el cambio de principios epistemológicos y ontológicos (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

El modelo de Posner et al. revisado

Aproximadamente diez años después, Strike y Posner (1992) propusieron una revisión de su "teoría del cambio conceptual", o sea, del modelo que estamos llamando el modelo de Posner et al.

Inicialmente han argumentado (op. cit., p. 150) que al proponer la teoría original no estaban describiendo una visión de aprendizaje que pudiera ser aplicada de inmediato en el aula. Siempre han encarado intentos de tornar las cuatro componentes de su teoría de cambio conceptual como cuatro pasos instruccionales como una interpretación errónea de su propuesta. Estaban, eso sí, hablando del "núcleo duro" de un programa de investigación en el sentido lakatosiano. Su teoría era una teoría epistemológica, no psicológica, que tenía por detrás un conjunto de suposiciones epistemológicas mucho más generalizables que la aplicación que hicieron a las concepciones alternativas (op. cit., p. 155). Dichas suposiciones sugieren que el problema de comprender el desarrollo cognitivo es el de entender cómo las componentes de la ecología conceptual² de un individuo interactúan y se desarrollan y cómo esa ecología conceptual interactúa con la experiencia.

Después, sin abandonar sus compromisos epistemológicos, hicieron una crítica de la teoría original (op. cit., p. 156-161):

1. En la formulación original frecuentemente hablaban como si las concepciones alternativas o preconcepciones fueran claramente articuladas y expresadas así

² Según esos autores, una ecología conceptual consiste de artefactos cognitivos como anomalías, analogías, metáforas, creencias epistemológicas, creencias metafísicas, conocimientos de otras áreas y conocimientos de concepciones rivales.

como simbólicamente formuladas. Tal suposición ya no les parece obvia. Por ejemplo, es posible que concepciones alternativas existan en representaciones icónicas; es posible que las personas no tengan creencias sobre cómo funciona alguna cosa pero tengan imágenes sobre cómo funciona esa cosa.

2. La teoría inicial, de una manera general, considera las preconcepciones o concepciones alternativas como afectadas por la ecología conceptual del aprendizaje pero no da mucha atención a las maneras cómo ellas interactúan con esa ecología. Sin embargo, concepciones científicas y concepciones alternativas son también parte de una ecología conceptual y todas las partes de dicha ecología deben ser vistas como dinámicas y en constante interacción y desarrollo.

3. Una tercera dificultad con la teoría original era la de suponer el cambio conceptual como básicamente racional. Esa, suposición subestima muchos factores que pueden ser parte de una ecología conceptual. Por ejemplo, el interés del alumno en obtener una buena nota, o el efecto de la autoestima en el aprendizaje. El alumno puede percibir la cuestión del cambio conceptual simplemente como una tarea académica, no como una competición de paradigmas (científico vs. no-científico).

Finalmente, a razón de esa crítica, Strike y Posner han propuesto cinco modificaciones necesarias respecto al su modelo original (op. cit., p. 162).

1. Un espectro más amplio de factores debe ser considerado al intentar describir la ecología conceptual del aprendizaje. La idea de ecología conceptual debe tener en cuenta más factores que sólo los epistemológicos sugeridos por la historia y filosofía de la ciencia. Factores personales, sociales e institucionales deben también ser considerados.

2. Las concepciones científicas y las concepciones alternativas no son solamente objetos sobre los cuales actúa la ecología conceptual del aprendizaje sino que son también partes de esa ecología. Deben ser vistas como interactuando con las otras componentes.

3. Concepciones y preconcepciones pueden existir en distintos modos de representación y diferentes grados de articulación. Pueden incluso no existir pero fácilmente parecer que existen porque son generadas, en la instrucción o en una investigación, por otros elementos de una ecología conceptual.

4. Una visión desenvolvimientista de ecología conceptual es necesaria.

5. Una visión interaccionista de ecología conceptual es necesaria.

De todos esos puntos, el cuarto y el quinto son, para los autores, los más importantes. Según sus palabras (op. cit., p. 163):

Son esos dos últimos puntos los que nos parecen más importantes. En el estudio del cambio conceptual, debemos notar que todos los elementos tienen historias desenvolvimientistas

y esas historias no pueden ser entendidas en separado de su interacción con otros elementos de la ecología conceptual del aprendiz. Nuestra visión de cambio conceptual debe entonces ser más dinámica y desenvolvimentista, enfatizando patrones cambiantes de influencia mutua entre los varios componentes de una ecología conceptual en evolución. Debemos decir como Heráclito que todo está en flujo. En la teoría de cambio conceptual, es difícil pasar dos veces por la misma ecología conceptual

El cambio conceptual como desarrollo/enriquecimiento/evolución conceptual

Volviendo a la visión de cambio conceptual en términos de la teoría del aprendizaje significativo, proponemos una interpretación coherente con la posición revisionista de Strike y Posner, pero más psicológica que epistemológica.

Una concepción (subsumidor) puede ser imaginada como una nube de significados, adquiridos principalmente por asimilación, en desarrollo de tal modo que ninguno es eliminado, abandonado, desechado; están todos siempre presentes, por lo menos de manera residual. Sin embargo, significados “aceptados” y “no aceptados” son conscientemente discriminados según el nivel de conocimiento que uno tiene en el contexto de la materia de enseñanza. Por ejemplo, físicos y profesores de Física saben que un posible (pero no aceptado científicamente) significado para el concepto de calor es el de calórico (una especie de fluido). Saben también que un significado alternativo (pero contextualmente erróneo) para la relación entre fuerza y movimiento es la proporcionalidad entre fuerza y velocidad. De modo análogo, muchas personas saben que las estaciones del año dependen de la posición relativa entre el sol y la tierra, pero también saben que otros piensan que las estaciones son dependientes de la distancia sol-tierra. O sea, ellos también tienen ese significado (no aceptado) en sus estructuras cognitivas.

En todos esos casos, y en cualquier otro que podemos imaginar, tanto los significados aceptados como los no aceptados están presentes en la concepción que está siendo usada, pero los usuarios son capaces de discriminar entre ellos contextualmente.

Por lo tanto, nuestras estructuras cognitivas pueden ser interpretadas como estructuras de concepciones, cada una de ellas llena de significados, aceptados o no en un cierto contexto (en este trabajo siempre nos referimos al contexto científico, pero esta aseveración es general). Hablando de ciencia, se puede decir que personas científicamente educadas son aquellas que comparten significados científicamente aceptados y, conscientemente discriminan entre esos y los que no son aceptados en el contexto de la ciencia. Asimismo, hablando de novicios, en cualquier campo de conocimiento, cuando ellos aprenden por primera vez los significados contextualmente aceptados sus significados alternativos todavía son más estables y dominantes. A medida que ocurre el aprendizaje significativo, la concepción se desarrolla y aumenta la discriminabilidad; no obstante, significados ya establecidos no son reemplazados o borrados: ellos pueden quedar cada vez menos utilizados, o no utilizados, pero todavía siguen presentes en la concepción que se desenvuelve (y queda más rica), tal vez “escondidos” en algunos significados residuales.

Hace unos cuantos años, Joan Solomon (1984) dijo que “significados que subyacen las concepciones alternativas no pueden ser obliterados, incluso cuando están en contra a la ciencia, porque son continuamente reforzados por el lenguaje cotidiano” (p. 277). Ella también habló de la coexistencia de “dos dominios de conocimiento” y que la habilidad de los alumnos en *discriminar* (énfasis agregada) entre ellos en Física es indicador de su éxito en el aprendizaje en esta asignatura.

Algunos años después, Joseph Nussbaum (1989, p. 538) refiriéndose a sus propias investigaciones dijo que ellas sugieren que el cambio conceptual tiene un patrón evolutivo

en el cual el estudiante mantiene elementos sustanciales de la vieja concepción mientras gradualmente incorpora elementos de una nueva concepción. Por ende, si el cambio conceptual es evolutivo, cualquier curso de ciencias debe tener embutido un patrón de cambio gradual. Además de eso, la exposición a las ideas científicas debe empezar mucho más temprano que lo usual a fin de proveer tiempo suficiente para incubación y para el proceso de desarrollo.

En el III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educativas en Ciencias y Matemática, realizado en la Universidad Cornell, en 1993, David Schuster propuso que “una estrategia instruccional alternativa es enriquecer la comprensión conceptual juntamente con la metacognición, considerando las situaciones holísticamente y poniendo en juego los múltiples conceptos y terminologías relacionados así como los modos de razonamiento involucrados, incluso las nociones de uso cotidiano del aprendiz, acompañados de *discriminación* (énfasis agregada) conceptual conciente. El título de su presentación es sugestivo: “From ‘misconceptions’ to ‘richconceptions’”.

En ese mismo congreso, Clara Braghiroli (1993) argumentaba, en su presentación, que “bajo la luz de la teoría del aprendizaje de Ausubel, concepción alternativa y cambio conceptual son pasos normales en el proceso de aprendizaje el cual debe ser considerado como un continuo que va desde un estado de organización conceptual hasta otro de mayor jerarquía”.

Aún en dicho seminario, Eduardo Mortimer (1993) presentó un modelo de evolución conceptual en el aula que según sus palabras difiere de los modelos usuales en el sentido de que admite que es posible utilizar distintos modos de pensar en distintos dominios y que una nueva concepción no necesariamente reemplaza ideas previas y alternativas. Difiere también por sugerir que la construcción del significado no siempre ocurre por acomodación de significados previos sino que a veces puede ocurrir de modo independiente. En otro trabajo, Mortimer (1995), a partir de las ideas de Bachelard, propone la idea del perfil conceptual, según la cual las personas, incluidos los científicos, utilizan distintos modos de pensar en distintos dominios. En este caso, la enseñanza debería permitirle al estudiante tomar conciencia de las concepciones alternativas y científicas en las diferentes zonas del perfil, sin que sea necesario reemplazar o sustituir la inicial con la científica. De forma semejante, Pozo y Gómez Crespo (1998) proponen que, aunque del punto de vista conceptual los conceptos científicos son más potentes que los que el alumno posee, desde el punto de vista del procesamiento estos conceptos que los alumnos traen al aula seguirían siendo eficaces en los contextos informales cotidianos, por lo que sería necesario que el alumno llegase a establecer usos diferenciales para los contextos de aplicación de los diferentes conceptos.

La idea de campo semántico desarrollada por Romulo Lins (1994a) también ofrece una perspectiva interesante para la cuestión del cambio conceptual que, en realidad, tampoco implica cambio en el sentido de reemplazo. Según Lins, campo semántico es “un modo de producir significados” (p. 31); podemos por ejemplo, producir significado para la ecuación $3x + 10 = 100$ dentro del campo semántico de una balanza, o dentro del campo semántico del pensamiento algebraico. Sacar 10 de cada lado de la ecuación tiene significado en cualquiera de esos campos semánticos. Todavía, el campo semántico de la balanza no produciría significado para sacar 10 de cada lado de la ecuación $3x + 100 = 10$ (pues uno de los platos de la balanza quedaría sin nada). No obstante, el campo semántico del álgebra sí produciría significado en ese caso.

Un campo semántico corresponde a posibilidades de producir justificativas (1994b, p. 2). Un enunciado puede ser justificado dentro de distintos campos semánticos, pero cada

justificativa corresponde a otro conocimiento. En el caso de las ciencias, hay campos semánticos aceptados científicamente dentro de los cuales son producidos significados científicamente aceptados para los conceptos científicos (la redundancia es necesaria!). Sin embargo, los aprendices buscan justificativas también en otros campos semánticos, resultando otros conocimientos (a veces no aceptados científicamente). El aprendizaje de las ciencias implicaría, entonces, acercarse de los campos semánticos científicos y producir en ellos los significados de los conceptos científicos, lo que no implicaría borrar otros campos semánticos (como el de la balanza) que funcionan para el individuo y que pueden incluso producir significados aceptados científicamente.

Estamos otra vez delante de una situación de coexistencia y discriminación (de campos semánticos en ese caso). En el mismo sentido, Dykstra, Boyle y Monarch (1992) consideran al cambio conceptual como un proceso de refinamiento progresivo de las concepciones de los estudiantes, proponiendo una taxonomía de cambio conceptual consistente de diferenciación, extensión de clase y reconceptualización.

Propuestas y críticas más recientes

Frente a los problemas apuntados, otros modelos para el cambio han sido propuestos (ver, por ejemplo, número especial de *Learning and Instruction*, 1994), algunos de ellos dentro de la línea de investigación de los modelos mentales. En un trabajo bastante conocido, Vosniadou (1994; Vosniadou y Brewer, 1994) utiliza el referencial de los modelos mentales para explicar las dificultades de los estudiantes para la comprensión de los conceptos científicos. Según esta autora, las representaciones que los estudiantes generan para comprender una situación están determinadas por las teorías de dominio que los sujetos tienen sobre un determinado conjunto de fenómenos, que a su vez, adoptarían, de forma implícita, la estructura de ciertos principios o supuestos epistemológicos y ontológicos impuestos por las “teorías-marco” o teorías implícitas (Pozo y Gómez Crespo, 1999). Estos supuestos implícitos se constituirían en los primeros años de vida del sujeto y no serían compatibles con los presupuestos de las teorías científicas, convirtiéndose en el principal obstáculo para el aprendizaje de conceptos científicos. Gutiérrez (2000), que apunta una falta de definición en la propuesta anterior de los procesos que monitorizarían los cambios en los modelos mentales, coloca que la necesidad del individuo de construir modelos mentales coherentes, robustos y consistentes que permitan una concordancia entre su pensamiento y los datos del mundo sería el agente responsable del proceso de cambio conceptual en el caso de sistemas físicos dinámicos.

Greca y Moreira (2002), articulando la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (1983, 1998) con la de los modelos mentales de Jonhson-Laird (1983), sugieren que el conocimiento-en-acción del sujeto, contenido en sus esquemas de asimilación, participa efectivamente de la formación de los modelos mentales de una dada situación nueva a partir de los cuales el sujeto puede realizar inferencias, dar explicaciones, hacer predicciones, actuar sobre el mundo. Esta relación entre modelos mentales y esquemas sería una relación dialéctica: la lectura de la realidad a partir del conocimiento-en-acción del sujeto influenciaría los modelos mentales, pero el proceso de comparación entre los resultados de esos modelos mentales (explicaciones, predicciones) y el resultado efectivo de la situación en sí puede llevar a modificaciones en los invariantes operatorios (teoremas-en-acción y conceptos-en-acción) del sujeto por causa de las inconsistencias entre el modelo mental y la situación nueva, o en la búsqueda de coherencia entre su pensamiento y los datos del mundo externo. De la coincidencia o no del confronto entre las inferencias resultantes del modelo mental y

los acontecimientos del mundo, los modelos mentales pueden ser modificados recursivamente. Si esas modificaciones suceden de forma sistemática respecto a una clase de nuevas situaciones, los propios esquemas pueden ser cambiados, siempre que nuevos invariantes operativos puedan ser derivados de las situaciones enfrentadas. O sea, la detección de invariantes en esos modelos mentales podría conducir al sujeto a construir esquemas apropiados para esas situaciones y otras semejantes. Estos autores resaltan que este proceso de cambio no es automático ni sencillo (como de alguna forma supone Gutiérrez), dependiendo de la estabilidad de los conocimientos-en-acción del sujeto y de su capacidad para (re)construir los nuevos invariantes.

Ninguno de los modelos que hemos descrito ha alcanzado una aceptación tan masiva como el modelo sustitutivo del cambio conceptual y, a pesar de las críticas recurrentes a la postura del cambio conceptual reemplazador, continúan haciéndose investigaciones dentro de esa línea. Resulta paradójico, como indica Marín (1999), que aunque numerosas investigaciones muestran que no se puede dar cambio conceptual en la mente del alumno, la expresión ya se encuentra instalada en la literatura y su uso generalizado. Una muestra de ello es un número reciente de la revista *Learning and Instruction* (2001) dedicado a prácticas instruccionales para el cambio conceptual en dominios científicos. Sin embargo, como subraya Caravita (2001) con relación a esos estudios, más que observarse un proceso de construcción del conocimiento a partir de un cambio de conceptualizaciones, lo que se observa es que los estudiantes toman de la intervención didáctica información de la que no eran concientes y la aceptan y la creen. Lo revolucionario se observaría en las consecuencias de esta aceptación, que permitiría a los estudiantes, a partir del nuevo conocimiento tener nuevas perspectivas sobre los hechos que potencialmente les pueden posibilitar nuevas formas de procesar la información.

Tanto el modelo del cambio conceptual de Posner et al. como varias de las propuestas alternativas al mismo, tienen por detrás la suposición de que existen pautas análogas en el aprendizaje de conceptos por parte de los alumnos, en particular en situaciones de cambio de concepciones, a las existentes en el desarrollo de las teorías científicas y que, por lo tanto, le son aplicables a los conceptos de los alumnos los esquemas de cambio propuestos en la filosofía de la ciencia. No obstante, es importante resaltar que, estrictamente hablando, no se puede igualar aprendizaje con cambio conceptual: en general muchas veces se iguala tipos de cambio con tipos de aprendizajes. Por otro lado, establecer esta distinción es muy difícil. Aunque, como argumenta Marín (1999) no se puede considerar al cambio conceptual sino como una orientación didáctica de las muchas que pueden existir, la propia teoría de conceptos en la que, de forma conciente o no, se fundamenta supone, en gran medida, que el aprendizaje de conceptos ocurre, como indica Carey, a partir de reestructuraciones débiles y fuertes.

Un problema fundamental del modelo de cambio conceptual, visto desde esta perspectiva reside en la aceptación poco crítica, en última instancia del supuesto de que los mecanismos de cambio conceptual de los que da cuenta la filosofía de la ciencia son semejantes o análogos a los que se pudieran dar en el sujeto (Marín, 1999). Esto no quiere decir que este paralelismo no tenga un alto poder heurístico, sino que, tanto en la investigación en enseñanza de las ciencias como en la psicología cognitiva, ha sido más provechoso para destacar diferencias que similitudes (Caravita, 2001).

Conclusión

Nuestras ideas respecto a “significados no-borrables”, “concepciones más ricas”, “nubes de significados” aceptados y no-aceptados co-existentes, el nivel de discriminación

corno indicador del aprendizaje significativo y cambio conceptual como desarrollo/enriquecimiento conceptual, fueron desarrolladas independientemente de los trabajos de Solomon, Nussbaum y Lins. Análogamente, dichas ideas fueron presentadas en el seminario de Cornell (Moreira, 1993) sin tener conocimiento de los trabajos de Schuster, Braghiroli y Mortimer. Sin embargo nos alegra encontrar respaldo para nuestras propuestas en todos esos autores.

Más recientemente hemos hablado del cambio conceptual en términos de modelos mentales e invariantes operatorios (Greca y Moreira, 2002). Sin embargo, ahí discrepamos de otros autores, como Vosniadou y Gutiérrez, que también se refieren al cambio conceptual utilizando la idea de modelos mentales.

Acordemos que “todo cambio, de hecho es cambio de alguna cosa: el cambio presupone que algo cambia”. Sin embargo, presupone todavía que, durante el cambio, esa cosa debe permanecer la misma. *Podemos decir que una hoja verde cambia cuando queda amarilla, pero no podemos afirmar que hubo cambio si la reemplazamos por una hoja amarilla. El principio de que lo que cambia retiene su identidad es esencial a la idea de cambio. No obstante, lo que cambia debe tornarse algo distinto: era verde, se ha tornado amarillo; era húmedo, se ha tornado seco; era caliente, se ha tornado frío. Por lo tanto, cualquier cambio es la transición de una cosa para otra que tiene, de cierta forma, cualidades opuestas. Sin embargo, al cambiar, la cosa debe permanecer idéntica a sí misma* (Popper, 1982, p. 169). Este es el problema del cambio que ha llevado a Heráclito a decir que todo está en flujo, nada queda en reposo. Es también lo que nos ha llevado a decir que el cambio conceptual en el sentido de reemplazo de una concepción (alternativa) por otra (científica) no tiene sentido.

Posiblemente, hay mucha más gente pensando según las mismas líneas y, probablemente, eso es un señal de que es tiempo, en definitiva, de abandonar el término “cambio conceptual” y modelos que lo sugieren como “reemplazo conceptual”. Es tiempo de darse cuenta que evolución, desarrollo, enriquecimiento conceptual y discriminación de significados son ideas más promisorias porque no implican cambio de conceptos o de significados. Por otro lado, ellas implican aprendizaje significativo. O sea, como las concepciones alternativas resultan de aprendizajes significativos, la evolución de estas concepciones desde “misconceptions” hasta “richconceptions”, como propone Schuster (1993), solo puede resultar de estrategias de aprendizaje significativo.

Dar nuevos significados (y, tal vez, nuevos rótulos) al concepto de cambio conceptual y la consecuente mudanza de dirección en los esfuerzos de investigación puede ser la más promisoría perspectiva para futuras investigaciones en el campo del aprendizaje de conceptos.

Intentemos imaginar el desarrollo conceptual en términos de construcción y discriminación de significados y olvidémonos de reemplazar concepciones, una visión que nos recuerda el enfoque conductista de instalar y extinguir conductas en el repertorio del aprendiz.

Referências

AUSUBEL, D. P. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton, 1963.

_____. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Educational psychology: a cognitive view*. 2nd ed. New York: Holt, Ronehart and Winston, 1978.
- _____. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. 2. ed. México: Editorial Trillas, 1983.
- BRAGHIROLI, C. *Conceptual or methodological defficiency? A case study showing a theory in action*. Trabajo presentado en el III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educacionales en Ciencias y Matemática, Cornell University, U.S.A., 1 al 4 de agosto, 1993.
- CARAVITA, S. Commentary: a re-framed conceptual change theory? *Learning and Instruction*, Oxford, v.11, n.4/5, p. 421-429, 2001.
- CAREY, S. *Conceptual change in childhood*. Cambridge: MIT Press, 1985.
- _____. Knowledge acquisition: enrichment or conceptual change. In: MARGOLIS, E.; LAURENCE, S.(Eds.). *Concepts: core readings*. Cambridge: MIT Press, 1991. p. 459-487.
- DISSA, A.; SHERIN, B. What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, London, v.20, n.10, p. 1155-1191, 1998.
- DRIVER, R. *The representation of conceptual frameworks in young adolescent science students*. 1973. Tese (Doutorado) - Universidad de Illinois, Urbana, Illinois, 1973.
- DUIT, R. The constructivist view in science education: what it has to offer and what should not be expected from it. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 40-75, 1996. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ienci>>
- DYKSTRA, D. I.; BOYLE, C. F.; MONARCH, I., A. Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, New York, v. 76, p. 615-652, 1992.
- GIL PÉREZ, D. et al. ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.17, n.3, p. 503-512, 1999.
- GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.7, n.1, 2002. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>
- GUTIÉRREZ, R. Mental models and the fine structure of conceptual change. In: PINTO, R.; SURIQACH, S. (Eds.). *Proceedings of the International Conference Physics Teacher Education Beyond 2000*. Barcelona: Calidos, 2000. 1 CD-ROM.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental models*. Cambridge: Harvard University Press, 1983.
- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1978.
- LAKATOS, I. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza, 1989.
- LEARNING AND INSTRUCTION . Oxford: Pergamon Press, v. 4, n.1, 1994.
- LEARNING AND INSTRUCTION. Oxford: Pergamon Press, v. 11, n. 4/5, 2001.
- LINS, R.C. O modelo teórico dos campos semânticos: uma análise epistemológica da álgebra e do pensamento algébrico. *Dynamis*, Blumenau, v.1, n.7, p. 29-39, 1994a.
- _____. Eliciting the meanings for algebra produced by students: knowledge, justification and semantic fields. *PME XIV*, Lisboa, 1994b.
- MARÍN, N. Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 17, n.1, p. 80-92, 1999.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- MOREIRA, M.A. *Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

- _____. *Ensino e aprendizagem*: enfoques teóricos. São Paulo: Moraes, 1985.
- _____. *Pesquisa em ensino*: aspectos metodológicos e referenciais teóricos. São Paulo: EPU, 1991.
- _____. *On C-mapping, V-mapping, conceptual change, and meaningful learning*. Trabajo presentado en el III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educativas en Ciencias y Matemática, Cornell University, 1 al 4 de agosto 1993.
- _____. Diez años de Enseñanza de las Ciencias: de una ilusión a una realidad. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.12, n.2, p. 147-153, 1994.
- _____. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- _____. *Aprendizaje significativo*: teoría y práctica. Madrid: Visor, 2000.
- MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. *Novas estratégias de ensino e aprendizagem*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.
- MORTIMER, E. *Conceptual evolution as epistemological profiles change*. Trabajo presentado en el III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educativas en Ciencias y Matemática, Cornell University, 1 al 4 de agosto, 1993.
- _____. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, Dordrecht, v.4, n.3, p. 23-45, 1995.
- NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, London, v.11, p. 530-540, 1989. Special issue.
- POPPER, K. R. *O realismo e o objectivo da ciência*. Lisboa: D. Quixote, 1987.
- PFUNDT, H.; DUIT, R. *Bibliography*: student's alternative frameworks and science education. 4th ed. Kiel: Institute for Science Education at the University of Kiel, 1994.
- _____. *A bibliography on student's alternative frameworks and science education*. Kiel: Institute for Science Education at the University of Kiel, 2000.
- PINTRICH, P.R.; MARX, R. W.; BOYLE, R. A. Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of change. *Review of Educational Research*, Washington, v. 63, n. 2, p. 167-199, 1993.
- POSNER, G. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, New York, v. 66, p. 211-227, 1982.
- POZO, J. I. et al. Las ideas de los alumnos sobre ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, Madrid, n. 62/63, p. 187-204, 1992.
- POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata, 1998.
- RODRIGO, M. J.; RODRÍGUEZ, A.; MARRERO, J. *Las teorías implícitas*: una aproximación al conocimiento cotidiano. Madrid: Visor, 1993.
- SCHUSTER, D. *From misconceptions to rich-conceptions*. Trabajo presentado en el III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educativas en Ciencias y Matemática, Cornell University, 1 al 4 de agosto 1993.
- SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. (Orgs.). *Tópicos em ensino de ciências*. Porto Alegre: Sagra, 1991. p. 62-78.
- SOLOMON, J. Prompts, cues and discrimination: the utilization of two separate knowledge systems. *European Journal of Science Education*, London, v. 6, n. 3, p. 277-284, 1984.
- STRIKE, K. A.; POSNER, G. J. A revisionist theory of conceptual change. In: DUSCHL, R.; HAMILTON, R. (Eds.). *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany: Suny Press, 1992. p. 147-176.
- THAGARD, P. *Conceptual revolutions*. Princeton: Princeton University Press, 1992.

VERGNAUD, G. Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. *Atelier International d'Été. Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures, Francia, 26 de junio a 13 de julio 1983.

_____. A comprehensive theory of representation for mathematics education. *The Journal of Mathematical Behavior*, Norwood, v.17, n.2, p. 167-181, 1998.

VIENNOT, L. *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris: Hermann, 1979.

VOSNIADOU, S.; BREWER, W. Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, Norwood, v. 18, n.1, p. 123-183, 1994.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, Oxford, v.4, n.1, p. 45-69, 1994.

**Artigo recebido em maio de 2003 e
selecionado para publicação em dezembro de 2003.**