



De las concepciones alternativas al cambio conceptual en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias

OSCAR E. TAMAYO A.
DOCENTE UNIVERSIDAD DE MANIZALES
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES.
oscaretamayo@hotmail.com

Resumen

En la actualidad son muchas las líneas de investigación en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias que contribuyen de manera activa a comprender y transformar la realidad del aula. Dentro de ellas llamamos la atención sobre tres líneas que sin lugar a dudas son consideradas centrales en educación en ciencias, estas son: las concepciones alternativas, los modelos mentales y el cambio conceptual. Consideramos, desde la perspectiva de la enseñanza, la necesidad de conocer con algún detalle las principales formas de representación del conocimiento por parte de los estudiantes, así como de los procesos involucrados en su cambio, para ello proponemos el estudio de la transición de las concepciones alternativas al cambio conceptual pasando por el estudio de los modelos mentales. De igual manera, nos referiremos permanentemente al desplazamiento de la atención de las propuestas centradas en la dimensión conceptual a aquellas otras orientadas a considerar múltiples dimensiones en la construcción del conocimiento científico.

Concepciones alternativas¹

Las concepciones alternativas se refieren a las nociones que los alumnos traen consigo antes del aprendizaje formal de una determi-

nada materia. Para algunos autores las ideas de los estudiantes suelen estar fragmentadas, no tienen estructura bien definida y delimitada, son con frecuencia de naturaleza intuitiva. Los estudiantes, en general, no son conscientes de tener esas concepciones, las cuales no desaparecen con facilidad. Otras de las características más importantes de las concepciones alternativas de los alumnos son:

1. Las concepciones se presentan asociadas a una metodología denominada de la superficialidad, caracterizada por respuestas rápidas, poco reflexivas y que transmiten mucha seguridad (Gil y Carracosa, 1990).
2. Se encuentran presentes en contextos muy diferentes y responden a situaciones muy variadas.
3. Se construyen a lo largo de la vida del individuo mediante la influencia de los diferentes contextos en los cuales él participa.
4. Son de origen tanto individual como social.

Con las primeras investigaciones realizadas sobre las concepciones alternativas (Viennot, 1979; Driver, 1973) se evidenció la gran importancia del reconocimiento de las ideas de los alumnos y el papel que éstas juegan para sus posteriores aprendizajes. Estos primeros trabajos definieron un problema central de investigación en la didáctica de las ciencias: La inconsistencia entre las respuestas teóricas de los estudiantes y su dificultad, por ejemplo, para

1 Es bien conocido en la literatura especializada la gran cantidad de términos para hacer alusión a las *ideas de los estudiantes*, se destacan entre ellos: ideas intuitivas, preconceptos, ideas previas, epistemología del estudiante ideas erróneas... Nos referiremos en forma general a las ideas de los estudiantes con el término concepciones alternativas.



resolver problemas prácticos o para vincular la teoría a los fenómenos observados, lo cual evidencia graves incomprendiones en el aprendizaje de los estudiantes.

En las últimas dos décadas la investigación sobre las concepciones alternativas ha tenido un desarrollo importante en una variedad de tópicos científicos (Pfundt y Duit, 1994; Duit, 1993; Martínez, 1998). De la gran cantidad de investigaciones realizadas se han obtenidos catálogos completos de las ideas más comunes de los alumnos. El surgimiento y consolidación de esta línea de investigación marcó en buena parte el origen de la didáctica de las ciencias como una nueva disciplina científica.

La investigación sobre las concepciones alternativas mostró, de una parte, la importancia de los conocimientos previos de los estudiantes para sus aprendizajes posteriores y, de otra, que cuando los alumnos encuentran una respuesta que puede ser plausible para el problema que se les presenta, no ponen en juego otros conocimientos que puedan contradecirla, es decir, siguen una metodología simplista en la resolución del problema. El estudiante solo elabora sus respuestas a partir de lo que le sugieren observaciones superficiales del hecho analizado, generalmente sólo observa aquellos comportamientos del fenómeno que apoyan su explicación inicial, pasando los demás desapercibidos o considerados irrelevantes.

Otra razón que justifica la importancia actual de la investigación sobre las concepciones alternativas parte del auge, en los años 70-80, de la enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados. Desde esta perspectiva, la enseñanza de los diferentes conceptos y teorías daba mínima importancia a la experiencia de los alumnos, a sus conocimientos previos y a aspectos de orden contextual. Es bien conocido el resultado de esta forma de enseñanza: Los estudiantes, en el mejor de los casos, mezclan sus ideas acerca de los fenómenos estudiados con aquellas otras enseñadas en la escuela, sin llegar a establecer dife-

rencias claras entre el conocimiento cotidiano y el científico.

De igual manera, es evidente que frente a procesos de enseñanza como el descrito, al no haber una acción didáctica específica orientada a actuar sobre las ideas de los estudiantes y al reconocer su gran estabilidad y persistencia, éstas terminan imponiéndose frente a las nuevas ideas científicas enseñadas en la clase. En síntesis, la enseñanza por transmisión de conocimientos elaborados no permitió el aprendizaje significativo de los conceptos científicos, la razón de ello fue básicamente el desconocimiento de las concepciones de los estudiantes acerca de los conceptos enseñados. Se acepta, entonces, que la investigación sobre las concepciones alternativas cuestionó con rotundidad la enseñanza por transmisión de conocimientos ya elaborados.

Para llegar a reconocer de manera cuidadosa las representaciones de los estudiantes sobre un hecho o fenómeno determinado se requiere, de parte del profesor, un conocimiento detallado acerca de los aspectos conceptuales específicos, los cuales en unión con el conocimiento del profesor sobre la epistemología de la ciencia, las ciencias cognitivas y las motivaciones e intereses de los estudiantes frente a los conceptos estudiados, permiten una diferente conceptualización sobre la enseñanza.

Hasta hace poco, y aun en la actualidad, se partía del supuesto de que para enseñar una ciencia era necesario y suficiente conocerla, lo cual llevó a consolidar una visión simplista sobre la enseñanza y el aprendizaje. Hoy, por fortuna, mencionado supuesto es cuestionado (Vasco, 2001; Martínez, 2001), se reconoce en la actualidad que la enseñanza de una ciencia exige tanto el conocimiento específico como un conjunto de conocimientos de orden epistémico, contextual e individual sin los cuales sería poco adecuado pensar su enseñanza hoy.

Desde la perspectiva actual de la didáctica de las ciencias el paso de una visión simplista



de enseñanza, centrada en lo conceptual, a una visión compleja, que integra en la realidad del aula aspectos conceptuales individuales, contextuales, epistemológicos y sociales, permite una mejor explicación y comprensión de la realidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje y, a su vez, orienta posibles caminos para la enseñanza de las ciencias que respondan más y mejor a las actuales exigencias sociales y culturales.

No obstante la importancia de las investigaciones sobre las concepciones alternativas, es evidente que ellas se centran solo en aspectos conceptuales y en tópicos altamente específicos, lo cual restringe la posibilidad de elaborar comprensiones más holísticas de los procesos de aprendizaje de los conceptos científicos. Frente a esta nueva dificultad las investigaciones orientadas a identificar los modelos mentales de los alumnos buscaban, de alguna manera, superar el marcado énfasis conceptual característico del movimiento de las concepciones alternativas, lo cual como veremos a continuación no ha sido una empresa fácil.

Modelos mentales

Un problema fundamental y común para la psicología y para la didáctica es averiguar cómo los sujetos representan mentalmente su conocimiento acerca del mundo, cómo operan mentalmente con esas representaciones y cómo estas pueden construirse, re-construirse y cambiar tanto en contextos de enseñanza como en ambientes cotidianos. Dada la capacidad del ser humano de manipular las representaciones simbólicas --adquiridas bien sea mediante la observación, la experimentación o la instrucción-- podemos traducir los eventos externos en modelos internos. El término general usado para llamar estos modelos internos es el de representaciones mentales, de las cuales Johnson-Laird 1983, identifica tres tipos:

- Las representaciones proposicionales: Representaciones que pueden ser expresadas verbalmente,
- Modelos mentales: Análogos estructurales de una situación del mundo real o imaginario, e
- Imágenes mentales: Perspectiva particular de un modelo mental.

En la adquisición de estas representaciones se encuentran quienes defienden su origen en modelos proposicionales puros y quienes resaltan el valor funcional de las imágenes mentales en la construcción de la representación, (Rivière, 1986). Tanto para la psicología como para la didáctica la polémica ha de centrarse principalmente en la descripción y comprensión de las funciones que permiten el conocimiento, más que en la prescripción de reglas que lo posibilitan.

El uso de nuestras representaciones no se circunscribe a ambientes específicos, las empleamos para la resolución de cualquier problema, bien sea este del ámbito educativo, familiar o laboral; para ello ponemos en juego diferentes formatos para representar la información según la complejidad del problema, nuestra experiencia, los propósitos de la inferencia, y nuestra habilidad para utilizar inteligentemente los códigos de representación, (Rivière, 1986).

Rivière identifica tres niveles al hablar de representación: El fenoménico, el cognitivo y el máquina. La importancia de reconocer estos niveles de representación la destaca al concebir los procesos de razonamiento como funciones de construcción y comprobación sucesiva de representaciones, cada vez más profundas, integradoras y alejadas de la información estimular. Cuando nos enfrentamos a un problema la selección adecuada del nivel representacional es el mecanismo más importante del pensamiento inteligente, de tal manera que recurrimos a las representaciones más profundas cuando las más simples no nos permiten llegar a su solución. Dentro de esta teo-

ría es admisible pensar que la mente es capaz de mantener representaciones paralelas con diferentes grados de abstracción. Sin adentrarnos más en las diferencias entre los distintos niveles de representación, nos centraremos en adelante en el segundo tipo de representación descrito por Johnson-Laird, (1983): Los modelos mentales. Su uso nos permite integrar la información suministrada por todos los sentidos con la información proveniente del conocimiento general. Esta aproximación que realizamos en el conocimiento del mundo proviene tanto de lo que este es, como de las ideas que de él tenemos; depende tanto de nuestro sistema nervioso como de nuestras experiencias. Es en este doble sentido que construimos nuestros modelos mentales sobre una realidad, bien sea externa o del ámbito de las ideas.

¿Qué son los modelos mentales?

Consideramos, inicialmente, que los modelos mentales son lo que la gente tiene realmente en su mente y que le guía el uso de las cosas. Desde esta perspectiva general, en la construcción de los modelos mentales influyen la percepción visual, la comprensión del discurso, el razonamiento, la representación del conocimiento y la experticia. Están limitados, a su vez, por los conocimientos técnico-científicos de la persona, por su experiencia previa, por la forma en que procesamos la información y por aspectos motivacionales frente al contexto en que se construya el modelo mental. Es en ese proceso de interacción con el medio, con los otros y con los artefactos tecnológicos que construimos los modelos mentales internos, (Norman, 1983).

El discurso sobre los modelos mentales se basa en tres ideas centrales según Johnson-Laird (1983, 1991):

1. Un modelo mental representa el referente de un discurso, esto es, la situación que el discurso describe.
2. La representación lingüística inicial de un dis-

curso captura el significado de ese discurso, o sea, el conjunto total de situaciones que puede describir.

3. Un discurso es juzgado como cierto si incluye como mínimo un modelo del mundo real.

Funcionalidad y contenido de los modelos mentales

Norman, (1983) identifica tres aspectos centrales en la funcionalidad de los modelos mentales, estos son:

1. Sistema de creencias. El modelo mental de una persona debe reflejar sus creencias sobre el sistema, bien sean adquiridas por la observación, la instrucción o la inferencia.
2. Observabilidad. Debe existir correspondencia entre los parámetros y estados del modelo mental accesible a la persona y los aspectos y estados del sistema físico que la persona puede observar.
3. Poder predictivo. El objeto de un modelo mental es permitir a la persona comprender y explicar los sistemas (físicos y sociales) con los que interactuamos continuamente y anticipar y predecir sus comportamientos.

Los modelos mentales que tienen los individuos en un campo del saber determinado no tienen que ser técnica y científicamente correctos, para muchas personas es suficiente que el modelo que tienen les permita traducir ciertas observaciones (representaciones simbólicas), en acciones o encontrar cierta correspondencia entre sus modelos y los eventos externos. En este mismo sentido es importante destacar que los modelos mentales son dinámicos, evolucionan permanentemente al interactuar con el contexto. Son además incompletos, inestables, inespecíficos y parsimoniosos. Independientemente de estas características comunes de los modelos mentales, pueden ser usados siempre de forma adecuada (Norman, 1983, Johnson-Laird, 1983, 1991, Vosniadou y Brewer 1992, Vosniadou, 1997). Conviene aclarar que

los modelos mentales erróneos no son siempre fuente de error y en algunas ocasiones pueden ser mejores guías que modelos más sofisticados; sin embargo pueden conducir obviamente a conclusiones equivocadas y a ciertas ilusiones cognitivas persistentes.

Para juzgar una afirmación como cierta debemos relacionar su propia representación, bien sea proposicional, modelo mental o imagen mental, con un modelo de mundo. Desde esta perspectiva los modelos mentales son construcciones hipotéticas que tiene el sujeto para explicar o comprender un suceso bien sea físico o social. Estas construcciones hipotéticas pueden diferir marcadamente en su contenido, más no en su formato representacional o en el proceso en que las personas las construyen y manipulan.

El contenido del modelo mental frente a un hecho físico o social determinado depende de las preguntas que el usuario del modelo se quiere responder; en síntesis, el nivel de representación depende de las necesidades e intereses del individuo, y no por el simple hecho de añadir información al modelo mental existente, este resulta ser más funcional. En muchos casos la nueva información puede sólo generar ruido y no facilitar una mejor explicación o comprensión del hecho físico o social en cuestión.

Para hacer posible la comprensión del funcionamiento de un sistema y la capacidad de predecir su funcionamiento (Norman, 1983; Gutierrez, 1996) se requieren los siguientes procesos:

1. El sujeto debe traducir el sistema externo y los procesos a una representación interna de los mismos, en términos de palabras, signos, números, etc.
2. A partir de la primera representación, y mediante un proceso inferencial, se derivan otros símbolos. Se obtiene así una segunda representación mental del sistema externo.
3. Poner en funcionamiento mental esta segunda representación, de manera que sea posible realizar predicciones del comporta-

miento del sistema en situaciones externas diferentes.

La didáctica de las ciencias y la construcción de modelos mentales

El concepto de modelo mental ha sido usado ampliamente para referirse al contenido de una representación mental en muy diversos dominios del conocimiento: el movimiento de los objetos, de Kleer & Brown, 1981 1983; circuitos eléctricos, Greca & Moreira 1998a, sistema nervioso, Serrano 1992; magnetismo, Greca & Moreira 1998; cambio químico, Solsona 1997; respiración, Banet & Nuñez 1990; Nuñez & Banet 1996; Grosbois, Ricco & Sirota 1991; Tamayo 1999; Vuala 1991, la tierra, Vosniadou & Brewer 1992; ciclo día/noche, Vosniadou & Brewer 1994; cadena respiratoria, Königsberg 1999.

Los estudios pioneros realizados sobre los modelos mentales desde la didáctica de las ciencias estuvieron orientados a conocer cuáles eran las representaciones internas que tenían los alumnos en dominios específicos del conocimiento, tanto los que hacían referencia a conocimientos de orden intuitivo como los adquiridos mediante la enseñanza. En la actualidad el interés central en el estudio de los modelos mentales reside en una mejor comprensión del proceso de su construcción y cambio. Para ello se requiere una mejor comprensión de las representaciones de los estudiantes, de cómo pueden estar representadas en su mente, de cómo pueden cambiar o evolucionar y de cómo pueden ser usadas por los sujetos para su razonamiento; el desconocimiento de éstos aspectos nos puede llevar a enfrentarnos con diferentes obstáculos en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Estudio del cambio conceptual desde una perspectiva integral

Los estudios acerca del cambio conceptual han sido abordados tradicionalmente desde la



filosofía y la psicología. Desde estas dos áreas de conocimiento la polémica ha estado centrada en precisar el origen de los conceptos y su naturaleza. En lo relacionado con la didáctica de las ciencias, el estudio de los conceptos ha estado más dirigido a establecer su carácter de científicos o cotidianos, además de estudiar la posible evolución conceptual como resultado de procesos de enseñanza orientados hacia tal fin.

El conocimiento detallado acerca de la formación y evolución de los conceptos científicos es importante para la didáctica de las ciencias en la medida en que facilita encontrar metodologías de enseñanza más eficaces, al igual que posibilita el logro de aprendizajes más significativos. El estudio de los conceptos puede abordarse integrando diferentes campos del saber, con el propósito de obtener visiones interdisciplinarias que faciliten una mejor comprensión de los procesos que conducen a su formación y evolución y que a su vez permitan orientar acciones hacia el mejoramiento de la calidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Hoy reconocemos la importancia y el impacto considerable que ha tenido la teoría del cambio conceptual sobre la investigación en la didáctica de las ciencias en las últimas dos décadas. Sin embargo, es importante destacar que en su gran mayoría estos estudios hacen referencia casi exclusiva a la dimensión conceptual. Los nuevos estudios acerca del cambio conceptual deben dar cabida a dimensiones como la afectiva, la sociocultural y la sociohistórica, de tal manera que en unión con los aportes conceptuales, los de la filosofía de la ciencia y los de la ciencia cognitiva, se asuma su estudio desde una perspectiva integral.

Dentro de los aspectos más destacables de los estudios actuales acerca del cambio conceptual podemos mencionar, entre otros, la realización de investigaciones orientadas a: Establecer tendencias progresivas en la construcción de las explicaciones las cuales tienen su importancia en el diseño curricular, recono-

cer aspectos superficiales y profundos de la estructura cognitiva de los estudiantes en dominios específicos, reconocer la existencia de múltiples marcos interpretativos en el estudio del cambio conceptual y profundizar en el conocimiento de las relaciones entre el cambio conceptual y los intereses, las motivaciones y los discursos de los estudiantes.

Desde la perspectiva didáctica se pueden encontrar diferentes tipos de cambio conceptual referenciados, por ejemplo, en Caravita & Hallden (1994); Schnotz & PreuB, (1997); Vosniadou y Brewer (1992). Entre estos múltiples estudios podemos identificar acuerdos en cuanto a:

- En términos generales se reconoce cierta coherencia interna de las estructuras de conocimiento iniciales de los estudiantes en dominios específicos. Estas pueden ser muy diferentes de las estructuras conceptuales en otros dominios, al igual que de las estructuras conceptuales que caracterizan el pensamiento adulto en el dominio en cuestión.
- Se acepta el cambio conceptual normal/superficial dentro de dominios específicos, así como también se comparte la gran dificultad de lograr cambios conceptuales profundos/radicales.
- Se empieza a reconocer la influencia de variables situacionales, sociohistóricas, lingüísticas, motivacionales y metacognitivas sobre el cambio conceptual.
- El estado actual de la investigación en este campo del saber permite comprensiones puntuales y tentativas sobre los procesos que conducen al cambio.

Los pocos acuerdos antes citados en el estudio del cambio conceptual, visto desde la didáctica de las ciencias, nos llevan a reconocer algunos aspectos sobre los cuales en la actualidad no hay consenso:

- En cuanto a qué es lo que cambia y cómo se da el cambio conceptual en dominios específicos de las ciencias.

- Sobre posibles comprensiones holísticas de los procesos que conduce al cambio conceptual en el aula, bien por razones de insuficiencia en desarrollos teóricos, por las grandes dificultades metodológicas que implica su estudio o por la gran complejidad del problema estudiado.

Hasta el momento la investigación en didáctica de las ciencias acerca del cambio conceptual ha estado orientada casi exclusivamente al estudio de los conceptos bien desde una perspectiva de cambio conceptual radical o de cambio conceptual gradual. Muchos estudios recientes muestran que el cambio conceptual es más complejo y que difícilmente puede explicarse y comprenderse desde la sola referencia a aspectos conceptuales (Tytler, 2000). Una visión integral del cambio conceptual debe reunir además de los conceptuales, logros provenientes de las dimensiones afectiva, sociohistórica y sociocultural del aprendizaje, lo cual requiere a su vez diferentes acercamientos metodológicos que den cabida a los nuevos datos empíricos reportados. Dentro de las principales perspectivas actuales para el estudio del cambio conceptual mencionamos los estudios orientados a demostrar la importancia de la secuenciación de los conceptos con propósitos curriculares los que enfatizan en el conocimiento de los aspectos cognitivos profundos y superficiales tanto a nivel colectivo como individual, los encaminados a identificar los contextos múltiples del aprendizaje y los estudios que vinculan el cambio conceptual con dimensiones como el análisis del discurso y con los procesos comunicativos de la clase. Dentro de esta diferente visión del cambio conceptual reconocemos los siguientes supuestos teóricos básicos:

1. Los estudiantes generan continuamente aprendizajes sobre la base de sus propias acciones, percepciones y conocimientos anteriores.

2. El aprendizaje de los conceptos científicos puede requerir caminos diferentes en cuanto a su profundidad y naturaleza.
3. El aprendizaje de los conceptos científicos debe verse como el desarrollo y construcción de procesos, así como el desarrollo de elementos cognitivos estables. Se debe considerar el cambio como la esencia del desarrollo cognitivo.
4. La estructura cognitiva está determinada por el contexto y por las propiedades del sistema cognitivo individual.
5. El conocimiento de los procesos cognitivos de los estudiantes sólo es posible a partir del estudio profundo de las acciones por ellos realizadas, a partir de sus contribuciones verbales y no verbales.
6. Los condicionantes culturales y los múltiples usos del lenguaje son determinantes en la construcción de conceptos.

A manera de conclusión

Hemos mostrado de manera general una caracterización de tres campos de investigación que se han consolidado como líneas de investigación importantes en la didáctica de las ciencias, estas son: Las concepciones alternativas, los modelos mentales y el cambio conceptual. Al interior de cada uno de estos marcos teórico-metodológicos identificamos algunas de sus principales dificultades, así como algunas de sus perspectivas futuras para la investigación sobre la enseñanza y aprendizaje de los conceptos científicos en la enseñanza de las ciencias. Es de destacar, además, el gran aporte de cada uno de estos marcos en el desarrollo y consolidación del campo del saber de la didáctica de las ciencias.



Bibliografía

- Banet, E. and Nuñez, F. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración. *Enseñanza de las Ciencias*, 8, 2, 105-110.
- Caravita, S. and Hallden, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89-111.
- Duit, R. (1993). Research on student's conceptions. *Developments & trends*.
- Paper presented at the "Third international seminar on misconceptions and educational strategies in science and mathematics". Cornell University, Ithaca. USA.
- Gil, D y Carracosa, J. (1990). ¿What to do about science misconceptions?. *Science Education*, 74, 4.
- Greca, J. y Moreira, M. A. (1998a). Modelos mentales y aprendizaje de la física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16, 2, 289-303.
- Grosbois, M., Rico, G. and Sirota, R. (1991). Les manuels, un mode de textualisation scolaire des savoir savant. *Aster*, 13.
- Gutiérrez, R., (1996). Modelos Mentales y concepciones espontáneas. *Alambique*, 7, 73-86.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, Harvard University Press, MA.
- Johnson-Laird, P. N. (1991). *Mental Models*. In: Posner, M. I. (Ed). *Foundations. Cognitive Science*. (pp 469-500). The MIT Press: Cambridge.
- Johnson-Laird, P. N. (1994). *Mental Models and probabilistic thinking*. *Cognition*. 50, 189-209.
- de Kleer, J. and Brown, J. S. (1981). *Mental models of physical mechanism and their acquisition*. In: Anderson, J. R. (Ed.). *Cognitive skills and their acquisition*. (pp 285-309). Hillsdale: New York.
- _____ (1983). *Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models*. In: Gentner, D. and Stevens, A. (Eds.). *Mental models*. (pp155-190). Hillsdale: New York.
- Köningsberg, M. (1999). A simple model to facility student's understanding of the mitochondrial respiratory chain. *Biochemical Education*, 27, 1, 9-11.
- Martínez, T. S. F. (1998). *La didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. Génesis, estado actual y perspectivas*. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Martínez, P. (2001). *Discurso Inaugural Cátedra ICFES "Agustín Nieto Caballero"*. Programa Nacional de Formación de Profesores de la Educación Superior. Santafé de Bogotá.
- Norman, D. A. (1983). *Some observations on mental models*. In: Gentner, D. and Stevens, A. L. (Eds.). *Mental Models*. Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- Nuñez, F. and Banet, E. (1996). Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. *Enseñanza de las Ciencias*. 14, 3, 261-278.
- Pfundt, H. y Duit, R. (1994). *Bibliography. Student's alternative frameworks and science education*. Kiel: Institute for Science Education.
- Pozo, J.I. (1996). *Las ideas del alumnado sobre la ciencia: De donde vienen, a donde van y mientras tanto que hacemos con ellas*. *Alambique*, 7, 18-26.
- _____ (1999). *Sobre las relaciones entre el conocimiento cotidiano de los alumnos y el conocimiento científico: Del cambio conceptual a la integración jerárquica*. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra. Junio.
- Riviere, A. (1986). *Razonamiento y representación*. Siglo XXI: España.
- Schnotz, W. and Preub, A. (1997). *Task-dependent Construction of Mental Models as a Basic for Conceptual Change*. *European Journal of Psychology Education*., 12, 2. 185-211.



- Serrano, G. T. (1992). Desarrollo conceptual del sistema nervioso en niños de 5 a 14 años. Modelos mentales. Tesis Doctoral no publicada. Universidad Complutense. Madrid.
- Solsona, N. (1997). L'emergència de la interpretació dels fenòmens químics. Tesis doctoral no publicada. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.
- Strike, K. and Posner, G.J. (1985). A Conceptual Change View of Learning and Understanding. West L..H. T. and Pines A. L. (Eds.) Cognitive structure and conceptual change. (29-49). Academic Press Inc: London.
- _____. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In Duschl, R. and Hamilton, R. (Eds.) Philosophy of science, cognitive science and educational theory and practice. Sumy Press: New York.
- _____. (1999). Tendencias sobre el concepto de bioenergética en estudiantes de primero de bachillerato. Sus representaciones mentales. Tesis de Master no publicada. Universidad Autónoma de Barcelona.
- _____. (2001). Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Tyson, L. M.; Venville, G. J.; Harrison, G. and Treagust, D. F. (1997). A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. Science Education, 81, 387-404.
- Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. International Journal Science Education, 22, 5, 447-467.
- Vasco, C. E. (2001). Pedagogías para la comprensión de las disciplinas académicas. Conferencia Inaugural Cátedra ICFES "Agustín Nieto Caballero". Programa Nacional de Formación de Profesores de la Educación Superior. Santafé de Bogotá.
- Vienot, L. (1979). Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. Herman Cop : Paris.
- Vosniadou, S. and Brewer, W. (1992). Mental models of the earth: A study of the conceptual change in childhood. Cognitive Psychology. 24, 535-585.
- _____. (1994). Mental models of the day/night cycle. Cognitive Science. 18, 123-183.
- _____. (1997). On the development of the understanding of abstract ideas. In: Hämqvist and Burgen (Eds.) Growing up with science. Developing early understanding of science. Athenaeum Press: Great Britain.
- Vuaia, J. (1991). Le rôle d'un dessin animé dans l'évolution des conceptions d'élèves sur la respiration. Aster ,13.