

**LA CLASE MULTIMODAL Y LA FORMACIÓN Y EVOLUCIÓN  
DE LOS CONCEPTOS CIENTÍFICOS MEDIANTE EL  
USO DE LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN  
Y LA COMUNICACIÓN.**

Ponencia

Temática: Cognición, aprendizaje y currículo

**OSCAR TAMAYO, CARLOS EDUARDO VASCO, LIGIA INÉS GARCÍA,  
ADRIANA GIRALDO, MARIELA RIVERO, HERMINIA QUICENO, MARIA  
MERCEDES SUAREZ.**  
[quiher@autonoma.edu.co](mailto:quiher@autonoma.edu.co)

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS AVANZADOS-CINDE-  
UNIVERSIDAD DE MANIZALEAS**

**Resumen**

El estudio integra tres campos de gran interés para la educación en la actualidad: el referido a la inclusión de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación, el de la evolución de los conceptos científicos en el aula de ciencias y, por último, el de los múltiples lenguajes empleados en los procesos de enseñanza-aprendizaje. La integración de mencionados campos permitirá el logro de aprendizajes más significativos, así como adquirir mejores comprensiones de las múltiples relaciones existentes entre los procesos de enseñanza y los de aprendizaje mediados por las tecnologías de la información y la comunicación. Desde la perspectiva del empleo de las TICs el énfasis se centra en su incorporación en el diseño de ambientes de aprendizaje en red que propicien la construcción de diferentes sistemas representacionales sobre los conceptos enseñados. En cuanto a esto último, el interés se centra en identificar el aporte de diferentes lenguajes empleados en el proceso de enseñanza-aprendizaje a la adquisición de los conceptos científicos enseñados. Sobre la incorporación de la perspectiva multimodal en la enseñanza, el interés se focaliza en la necesidad de reconocer que el aprendizaje de los conceptos científicos es de mayor calidad cuando en éste participan diferentes lenguajes, en contraposición al empleo del lenguaje oral-escrito que históricamente ha dominado en la educación.

**DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Tradicionalmente en los procesos educativos se ha dado mayor importancia al lenguaje oral-escrito como principal vía a través de la cual se realizan los procesos de

enseñanza y de aprendizaje, desconociendo así la necesidad de encontrar nuevas formas de mirar y de hablar acerca de los conceptos estudiados (Arca et al. 1990, Jewitt 2000, Márquez y col. 2003, Martins 2000, Sutton 1998). De igual manera, no obstante los importantes avances de las TICs, y su gran potencial para impactar los procesos de enseñanza-aprendizaje, su incorporación efectiva en el diseño de ambientes de aprendizaje no ha respondido a las expectativas generadas. Integrar estas dos problemáticas en una tercera, el aprendizaje de los conceptos científicos desde una perspectiva evolutiva (Posner et al. 1982, Tamayo 2001, Toulmin 1977, Tyson et al. 1997, Venville & Treagust 1998), nos lleva a definir un problema de investigación orientado específicamente a lograr en los estudiantes aprendizajes más profundos (von Aufschnaiter & Niedderer 1998), en los que la mediación de las TICs se constituye central en el proceso de construcción y reconstrucción de diferentes sistemas externos representacionales dentro de los que se destacan los lenguajes oral-escrito, gráfico, musical y gestual, entre otros. Desde la problemática antes mencionada planteamos las siguientes preguntas orientadoras de la investigación: ¿Cómo aportan los diferentes lenguajes empleados en clases de ciencias a la evolución de los conceptos científicos enseñados? ¿Cómo diseñar ambientes de aprendizaje para las ciencias naturales en los que las TICs se constituyan como soporte de una clase multimodal orientada al logro de aprendizajes profundos de los conceptos estudiados?

## MARCO TEÓRICO

El estudio sobre la evolución de los conceptos científicos en el aula de clase es sin lugar a dudas uno de los aspectos centrales que más llama la atención en la educación en ciencias. En esta línea de pensamiento, son muchos los factores que inciden en la calidad de los conceptos aprendidos por los estudiantes, dentro de ellos llamamos la atención sobre tres aspectos que orientarán los desarrollos teóricos que soportan la presente investigación. En primer lugar nos referiremos a la necesidad de incorporar las TICs en el diseño de ambientes de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias, sobre este aspecto mencionaremos las amplias posibilidades que se derivan de la inclusión de éstas en los procesos educativos. En segundo lugar haremos referencia a la necesidad de incorporar diferentes lenguajes en los procesos de enseñanza-aprendizaje, en lo que se ha llamado el aula multimodal. Por último destacaremos la evolución conceptual como la perspectiva de aprendizaje asumida en el diseño de ambientes de aprendizaje en los que participan las TICs, la multimodalidad. A continuación nos referiremos con algún detalle a cada una de estas tres temáticas.

### **Ambientes de aprendizaje y las nuevas tecnologías de información y comunicación**

El nivel de educación de un país es uno de los indicadores de mayor importancia, puesto que determina el desarrollo del mismo; por ello las transformaciones que acontecen en la educación tendrán implicaciones en el pensamiento de sus actores y, por consiguiente, en su colectividad, como elementos fundamentales de progreso.

Hoy en día se cuenta con nuevas maneras de enfrentar la educación, a través de la utilización de nuevas tecnologías informáticas y de comunicación, que permiten el manejo de la información utilizando productos tecnológicos como el software y el hardware, los cuales, gracias a las redes de comunicación, ponen en contacto estudiantes, maestros, expertos, contenidos, experiencias y conocimiento en general, disponibles en diferentes lugares geográficos y desarrollados en diversos momentos. Este intercambio de información genera conocimiento que ayuda a los seres humanos a permanecer en su medio y hacerlo autosostenible.

Una adecuada planeación de la inclusión de las TICs en la educación exige la concurrencia de equipos de trabajo interdisciplinario que garanticen la mirada holística de diferentes expertos en los desarrollos o apropiaciones tecnológicas. De igual manera, diferentes actores y unidades académicas institucionales deben replantear su participación para favorecer el uso adecuado de las tecnologías en la educación y valorar su impacto.

La utilización de las TICs en los procesos de enseñanza y aprendizaje puede agregar valor a la construcción de conocimiento, en la medida en que apoyan al individuo y al colectivo en la construcción de representaciones mentales y sociales respectivamente. Asimismo, aportan al desarrollo de competencias para la toma de decisiones y para la solución de problemas y, a la vez, facilitan el intercambio de conocimientos y experiencias dadas las sinergias propias de las redes de aprendizaje mediadas por tecnología.

Las redes de aprendizaje “son grupos de personas que utilizan las redes de comunicación en entornos informáticos, para aprender de forma conjunta, en el lugar, el momento y el ritmo que les resulte más apropiado” (Harasim y col. 2000, p. 24). Lo anterior significa, que las redes de aprendizaje constituidas en los entornos informáticos, están conformadas por grupos de personas con metas comunes, quienes, de manera colectiva e independiente, buscan la construcción de conocimientos; es decir, que cada persona debe exponer sus propias ideas y elaborar argumentos que enriquezcan los procesos comunicativos generados en la red. En estos entornos de aprendizaje se posibilitan actividades de construcción de trabajos grupales alrededor de proyectos de investigación y estudio de unidades didácticas en los que se han utilizado diferentes tecnologías y medios como foros de discusión, chats y correo electrónico, entre otros. De igual manera, se ha implementado software colaborativo, *group ware* y otras herramientas tecnológicas que continúan transformando las prácticas de enseñanza mediadas por las TICs. Sin embargo, ninguno de los medios y herramientas mencionadas, por sí solas, garantizan el logro de los objetivos de aprendizaje propuestos; se requiere que los actores del proceso educativo que incorporan las TICs, aprendan a utilizar estas herramientas y comprendan su uso, con el propósito de influir positivamente sobre la calidad de la educación.

### **Multimodalidad en el aula**

Diferentes investigadores estudian el discurso en la clase desde una perspectiva multimodal (Lemke 1999, Martins 2000, 2001, Scott 2000, Jewitt 2000, Mortimer 1998). En tales estudios se investigan los diferentes tipos de lenguajes empleados en la clase y sus aspectos retóricos; se hace referencia, por ejemplo, al lenguaje oral, al escrito, al gestual y al corporal. El estudio del discurso desde la perspectiva multimodal reúne los aportes específicos de los estudios del lenguaje escrito-oral en clases de ciencias y los integra con los otros lenguajes, empleados tanto por profesores como por estudiantes, TICs, y libros de texto, en función de lograr una mejor comprensión de la formación y evolución de los conceptos estudiados.

La importancia que en la actualidad tienen los estudios acerca del lenguaje reside en una amplia gama de aspectos dentro de los que destacamos: sus funciones centrales en cuanto a vía comunicativa privilegiada dentro del campo educativo, como mediador y regulador del desarrollo del pensamiento de los estudiantes y, su mediación en la elaboración de los significados. Dentro de esta nueva perspectiva del uso del lenguaje se destaca la necesidad de encontrar nuevas formas de mirar y de hablar que impliquen la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje y que propicien a la vez el uso de diferentes puntos de vista frente a las situaciones que se le presentan.

El estudio del lenguaje al interior del campo del saber de la educación en ciencias cobra importancia al reconocer la amplia tradición comunicativa que mantiene la escuela. La socialización del conocimiento en el ámbito escolar ha seguido patrones básicamente discursivos con predominio del lenguaje verbal, (oral y escrito), por parte de los profesores, los textos y los estudiantes. No obstante la importancia del lenguaje oral-escrito en los procesos de enseñanza aprendizaje, es importante reconocer que en el aula de clase este no es el único lenguaje empleado. En la elaboración de las múltiples representaciones tanto de parte del profesor en sus procesos de enseñanza, como del alumno en su aprendizaje, se emplean diferentes lenguajes los cuales participan de manera integral en la formación de las representaciones por parte de los estudiantes. El empleo de estas múltiples formas de representación de los conceptos científicos en los procesos de enseñanza, las cuales se potencian con el uso de las TICs en el diseño de ambientes de aprendizaje, se constituyen en una estrategia potente para el aprendizaje de los conceptos científicos (Jewitt 2000, Scott 2000).

Si bien se reconoce la importancia actual de los estudios sobre el lenguaje, es claro que éste no siempre se conceptualiza de la misma forma. El lenguaje es considerado por la psicología cognoscitiva como un vehículo para expresar el pensamiento, mientras que para algunas tendencias dentro de la perspectiva histórico-cultural, el lenguaje es visto como el medio para desarrollar el pensamiento. Para la psicología discursiva (Edwards & Potter 1992), el acto del habla permite la construcción del significado, de la realidad y de la misma cognición. En estas dos últimas perspectivas teóricas adquiere gran importancia el contexto en el cual emplea el discurso.

Los actuales estudios del lenguaje en el aula destacan la necesidad de encontrar nuevas formas de mirar y de hablar que impliquen la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje (Arca y col. 1990, Jewitt 2000, Martins 2000, Sutton 1998) y que propicien a la vez el uso de diferentes puntos de vista frente a las situaciones que se les presentan, estos aspectos son claves en las etapas iniciales de la comunicación científica.

En el aprendizaje de las ciencias, experiencia y lenguaje son dos factores indiscernibles (Sanmartí y Jorba 1997), se requiere aprender a hablar sobre los procesos que se realizan en las clases de ciencias, aprender a observar, a discutir, a representar de formas diferentes los conceptos y fenómenos estudiados, a regular y a autorregular los procesos de aprendizaje en los cuales el lenguaje y las TICs empleadas en los procesos de enseñanza aprendizaje juegan papel determinante. Lograr aprendizajes significativos en ciencias requiere de la evaluación-regulación de las interrelaciones entre las formas de mirar, razonar, comunicar, sentir y organizar el conocimiento (Guidoni 1991, Sanmartí y Jorba 1996). Desde este punto de vista, los estudiantes aprenden ciencias porque reconocen ventajas en alguna de las posibles formas de pensar sobre un determinado fenómeno. "Ello requiere hablar de estas distintas maneras de "ver", de "razonar", de "conceptualizar, de "sentir"; evaluarlas y seleccionar la más idónea. Pero al mismo tiempo, también se evalúan-regulan estas maneras de hablar, por lo que el instrumento lenguaje, mediador de la regulación del aprendizaje en las clases de ciencias y de matemáticas, pasa a ser él mismo objeto de autorregulación" (Sanmartí y Jorba 1996).

De igual manera se hace necesario conocer algunos de los múltiples factores que inciden en el cambio de estos significados, de cómo se comparten y de cómo se negocian al interior de los procesos comunicativos generados en las aulas. En este último caso se hace referencia a la necesidad de conocer mejor algunas de las múltiples relaciones existentes entre los procesos comunicativos y la elaboración de diferentes sistemas representacionales mediados por las TICs en la construcción de conceptos científicos, y de cómo estos últimos se constituyen como herramientas para posteriores aprendizajes.

La importancia actual de los estudios acerca de la retórica de la ciencia en el aula (Candela 1999, Jewitt 2000, Lemke 1997, Martins 2000, Millar 1998, Scott 2000, Sutton 1998), lleva a pensar en el surgimiento de una nueva perspectiva para el análisis del lenguaje, en la que se consideran como aspectos fundamentales tanto los conceptuales como los retóricos y los contextuales, considerar estos nuevos aspectos en el estudio del lenguaje lleva a reconocer el uso multimodal de los lenguajes, la mediación de las TICs y su importancia en el aprendizaje de los conceptos científicos enseñados.

### **Aprendizaje como evolución de conceptos**

Los estudios acerca de la evolución de los conceptos científicos han sido abordados tradicionalmente desde la filosofía y la psicología. Desde estos dos campos del 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 de cotidianos, además de estudiar la posible evolución conceptual como resultado de procesos de enseñanza orientados hacia tal fin.

En el estudio del cambio conceptual los aspectos de orden cognitivo han recibido especial atención de parte de los investigadores, quienes se centraron básicamente en determinar si el cambio es radical (Carey 1985, 1992) o es gradual (Toulmin 1978, Strike and Posner 1992, Posner et al. 1982). En los dos casos los estudios profundizaban principalmente en los aspectos racionales del aprendizaje. No obstante el rigor metodológico y la riqueza de los estudios inscritos en estas dos tendencias, es claro que sus resultados no han permitido comprender el proceso de la evolución conceptual.

Con el reconocimiento de la importancia de las creencias y motivaciones de los estudiantes, y de cómo se consideran ellos mismos como aprendices, se abre una nueva perspectiva en el estudio del cambio conceptual en la cual se reconoce la importancia de aspectos afectivos y sociales (Pintrich et al. 1993) y se destaca el papel potencial de los objetivos, motivaciones, intereses y procesos de control que tienen los estudiantes sobre sus propios procesos de evolución conceptual. De igual manera, recientes investigaciones muestran que la evolución conceptual difícilmente puede explicarse y comprenderse desde la única referencia a aspectos conceptuales (Caravita & Hallden 1994, Chin & Brown 2000, Tamayo 2001, Tytler 2000). El empleo de estos *marcos multidimensionales* da valiosas herramientas para el estudio de la evolución conceptual en el aula. Con este propósito Tyson, et al. (1997) y Venville & Treagust (1998), integran el modelo del cambio conceptual (Posner et al. 1982), las teorías marco (Vosniadou 1994), la perspectiva de las categorías ontológicas (Chi et al. 1994) y la perspectiva motivacional (Pintrich et al. 1993). Encuentran estos autores que es posible una comprensión holística de la evolución conceptual la cual puede ser más útil para la didáctica de las ciencias. Concluyen que el cambio conceptual puede ser visto a través de tres lentes: ontológico, epistemológico y socio-afectivo.

Asumir el estudio de la evolución conceptual desde una perspectiva holística, que reúna además de los importantes logros provenientes del énfasis cognitivo, las dimensiones sociohistórica (Vygotsky 1995, Magnuson, et al. 1997), afectiva (Pintrich et al. 1993; Pozo y Gómez 1998) y sociocultural del aprendizaje (O'Loughin 1992), requiere explorar nuevas metodologías de investigación y reelaborar los marcos teóricos existentes con el propósito de que den cabida a los nuevos datos empíricos. Se destacan los estudios microgenéticos (Siegler 1995) y las investigaciones que tienen en cuenta la naturaleza situada del conocimiento (Hedegaard 1998), mencionadas metodologías de investigación parecen ser útiles para lograr mejores comprensiones acerca de cómo sucede la evolución conceptual.

Desde la perspectiva holística antes descrita el componente cognitivo lleva a considerar la necesidad de profundizar en el conocimiento de los elementos cognitivos que

propician o no el logro de la evolución conceptual, en este sentido identificamos algunos aspectos superficiales y profundos de la estructura cognitiva de los estudiantes (Niedderer and Schecker 1992, von Aufschnaiter and Niedderer 1998), en las diferentes dimensiones estudiadas.

Esta concepción de la evolución conceptual parte del reconocimiento de los siguientes supuestos provenientes de muy diversos campos del saber, así como de distintas corrientes de pensamiento:

1. Los estudiantes generan continuamente aprendizajes sobre la base de sus propias acciones, percepciones y conocimientos anteriores.
2. La perspectiva multidimensional en el estudio de la evolución conceptual integra puntos de vista de la filosofía de las ciencias, de las ciencias cognitivas, de la lingüística, la pedagogía y la didáctica de las ciencias.
3. El conocimiento de los procesos cognitivos de los estudiantes solo es posible a partir del estudio profundo de las acciones por ellos realizadas, a partir de sus contribuciones verbales y no verbales.
4. Los condicionantes culturales y los múltiples usos del lenguaje son fundamentales en la construcción y en la evolución conceptual.
5. Para que la construcción de conceptos y la evolución conceptual sean significativas debe haber conciencia y control consciente del proceso que condujo al cambio y de los logros alcanzados con él, es decir, el desarrollo de habilidades metacognitivas y autorreguladoras son cruciales para el aprendizaje de los conceptos científicos y para la evolución conceptual.

Los estudios mencionados deben abordar los supuestos epistemológicos y ontológicos con los que el estudiante se enfrenta a la adquisición de nuevos conocimientos y evaluar cuáles de ellos serán posibles obstáculos para el aprendizaje de las ciencias. De igual manera, se requiere el conocimiento profundo acerca de los elementos cognitivos que facilitan o no el logro de la evolución conceptual, bien sea superficial o profundo. Los aspectos antes señalados se integran al componente didáctico, el cual reúne aspectos específicos derivados de la actuación del profesor en el aula, de su planificación y de la regulación del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los tres aspectos antes desarrollados: La incorporación de las TICs en los procesos de enseñanza-aprendizaje, el diseño de ambientes de aprendizaje desde una perspectiva multimodal y el asumir como modelo de aprendizaje la evolución conceptual se constituyen en el eje teórico al interior del cual proponemos nuestra investigación.

### **Metodología**

Investigar la evolución conceptual desde una perspectiva multimodal requiere a nuestro entender realizar análisis comprensivos a partir de los cuales podamos proponer respuestas más integrales a las preguntas: ¿Cómo aportan los diferentes lenguajes

empleados en clases de ciencias a la evolución de los conceptos científicos enseñados? ¿Cómo diseñar ambientes de aprendizaje para las ciencias naturales en los que las TICs se constituyan como soporte de una clase multimodal orientada al logro de aprendizajes profundos de los conceptos estudiados? Para responder a estas preguntas tomamos como eje central de nuestra investigación las relaciones entre la evolución de los conceptos enseñados y el empleo de múltiples sistemas representacionales en ambientes de enseñanza y de aprendizaje mediados por las TICs.

Tradicionalmente en el estudio de la evolución conceptual se han empleado metodologías que exploran dimensiones específicas dentro de las que se ha destacado la dimensión conceptual como la más estudiada. Considerar el estudio de la evolución conceptual desde una perspectiva multimodal, donde las TICs se constituyen como mediadoras de los procesos comunicativos, debe reconocer una amplia gama de metodologías que permitan realizar análisis al interior de cada una de estas dimensiones, así como análisis integrados con el propósito de construir nuevos significados entre ellas.

A partir de las dimensiones descritas por Goetz y Lecompte (1988), consideramos que nuestra investigación es de carácter *inductivo*; en ella se construye y re-construyen las categorías teóricas a partir del análisis recurrente de los datos. Es un tipo de investigación *generativa* dado su interés por el “descubrimiento” y comprensión de posibles relaciones que se producen entre las diferentes categorías estudiadas: En cuanto a la manera de formulación y al diseño de unidades de análisis, el estudio se enmarca dentro de la dimensión *constructiva* la cual está orientada al descubrimiento de las categorías que pueden obtenerse a partir de las descripciones que se realizan. Por último, en cuanto a las estrategias de recolección y análisis de información la investigación es de tipo *subjetivo*.

La investigación se realizará en tres momentos: Diagnóstico, Intervención didáctica y construcción de sentidos y significados.

**Diagnóstico.** Durante esta fase se recogerá información sobre las ideas de los estudiantes en las diferentes unidades didácticas sobre las cuales se realizará la investigación. De igual manera se caracterizarán los diferentes lenguajes empleados por los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias.

**Intervención didáctica:** Durante esta fase los docentes deben diseñar ambientes de aprendizaje en los que las TICs se constituyan como el soporte para favorecer la construcción de múltiples representaciones sobre los fenómenos estudiados y, asimismo, permitan evidenciar la evolución conceptual de los estudiantes. De igual manera se ejecutarán las diferentes unidades didácticas y se hará seguimiento a cada una de las categorías estudiadas.

**Construcción de sentidos y significados:** Se inicia esta fase con el análisis y la discusión de la información recolectada en las fases anteriores. Su propósito es establecer posibles relaciones entre los procesos de enseñanza mediados por las TICs, los múltiples

lenguajes empleados en los procesos de enseñanza-aprendizaje y la evolución conceptual de los estudiantes. De igual manera se elaboraran construcciones referidas a cada una de las tres categorías estudiadas.

## REFERENCIAS

- ARCA, M., GUIDONI, P. & MAZZONI, P. (1990). Enseñar ciencia. Barcelona: Paidós/Rosa Sensat.
- CANDELA, A. (1999). Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso. Barcelona: Paidós. Cazden, C. (1990). El discurso en el aula. En: M. Wittrock: La investigación de la enseñanza III, Barcelona: Paidós.
- CARAVITA, S. & HALLDEN, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89-111.
- CAREY, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- CAREY, S. (1992). *The Origin and Evolution of Everyday Concepts*. Cognitive Models of Science. Universidad de Minnesota Press: Minneapolis.
- CHI, M. T. SLOTTA, J. D. & LEEUW, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- CHIN, C. & BROWN, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 2, 109-138.
- EDWARDS, D. & POTTER, J. (1992). *Discursive psychology*. Londres: Sage.
- GOEZ, J. P. & LECOMPTE, M. D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Morata: Madrid
- GUIDONI, P. (1991). *Dinámica del coneixement*. Curs de doctorat: Didàctica de las ciències i de les matemàtiques. Universidad Autónoma de Barcelona.
- HARASIM, Linda, HITZ, S, Roxanne, y Otros. (2000). *Redes de aprendizaje. Guía para la Enseñanza y Aprendizaje en Red*. España: Gedisa..350p.
- HEDEGAARD, M. (1998). Situated learning and cognition: Theoretical learning and cognition. *Mind, Culture and Activity*, 5, 2, 114-126.
- JEWITT, C. (2000). Multimodal communication in science classroom. In: *Ensenyar ciències: Construcció de significats i comunicació multimodal*. Universidad de Barcelona. Documento no publicado.
- LEMKE, J. L. (1999). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: JR Martin & R Veel (Eds.), *Reading Science* (Routledge). City University of New York.
- MAGNUSSON, S. J., TEMPLIN, M, & BOYLE, R. A. (1997). Dynamic science assessment: a new approach for investigating conceptual change. *Journal of the Learning Science*, 6, 91-142.
- MÁRQUEZ, C., IZQUIERDO, M. & ESPINET, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), 371-386.
- MARTINS, I. (2000). Onda ou partícula: Argumentação e retórica na aprendizagem da

- natureza da luz. VII Encuentro de pesquisa em Ensino da Física, Florianópolis, SC, Brasil.
- MARTINS, I. (2001). Anàlisi retòrica i recerca en educació científica. Seminario de reserca. Universidad de Barcelona. Documento no publicado.
- MILLAR, R. (1998). Rhetoric and reality: What practical work in science education is really for. In: J. Wellington (Ed): Practical work in school science: Which way now? (pp. 16-31). Routledge: London.
- MORTIMER, E. F. (1998). Multivoicedness and univocality in classroom discourse: an example from the theory of matter. *International Journal of Science education*, 20, 1, 67-82.
- NIEDDERER, H. and SCHECKER, H. (1992) Towards an explicit description of cognitive system for research in physics learning. Institute of physics education. University of Bremen.
- O'LOUGHLIN, M. (1992). Rethinking science education: beyond Piagetian constructivism towards a sociocultural model of teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 791-820.
- PINTRICH, P. R., MARX, R. W. and BOYLE, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 6, 167-199.
- POSNER, G., STRIKE, K., HEWSON, P. and GERTZOG, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 2, 211-227.
- POZO, J. I. y GÓMEZ C. M. A. (1998). Aprender a enseñar ciencia. Morata: Madrid.
- SANMARTI, N & JORBA, J. (1996). Importancia del lenguaje en la evaluación del proceso de construcción de los conocimientos científicos. Universidad Autónoma de Barcelona.
- SCOTT, H. (2000). Teacher talk and meaning-making in science classroom. In: Ensenyar ciències: Construcció de significats i comunicació multimodal. Universidad de Barcelona. Documento no publicado.
- SIEGLER, R. J. (1995). How does Change Occur: A Microgenetic Study os Numbre Conservation. *Cognitive Psychology*, 28, 225-273.
- STRIKE, K. and POSNER, G. L. (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.
- SUTTON, C. (1998). New perspectives on language in science. In: Fraser, B. J. & Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*, 27-38.
- TAMAYO, O. (2001). Evolución conceptual desde una perspectiva multimodal. Aplicación al concepto de respiración. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- TOULMUN, S. (1977). La racionalidad humana. El uso colectivo y la evolución de los conceptos. Alianza: Madrid.
- 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.

- VENVILLE, G. J. & TREAGUST, D. F. (1998) Exploring conceptual change in genetics using multidimensional interpretative framework. *Journal of Research in Science Teaching*. 35, 9, 1031-1055.
- von AUFSCHNAITER, S. & NIEDDERER, H. (1998). Learning process studies in physics. Two methods for analysing transcripts of videotapes. 4<sup>a</sup> ESERA Summerschool. París.
- VYGOTSKI, L. S. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós.