

# Características del discurso escrito de los estudiantes en clases de ciencias

Óscar Eugenio Tamayo  
Neus Sanmartí

# Características del discurso escrito de los estudiantes en clases de ciencias

*Óscar Eugenio Tamayo*  
*Neus Sanmartí*

• **Resumen:** *La importancia que en la actualidad tienen los estudios acerca del lenguaje para la Educación en Ciencias reside, entre otros aspectos, en sus funciones como vía comunicativa privilegiada en la enseñanza y en el aprendizaje y como mediador y regulador del desarrollo del pensamiento de los estudiantes. Se presentan primero algunos aspectos de la función comunicativa del lenguaje y algunos elementos relacionados con su función semiótica y su función de regulación de procesos centrales en la Educación en Ciencias. Se presentan en seguida resultados parciales del análisis de textos escritos elaborados en el campo conceptual de la respiración por estudiantes del grado llamado “primero de bachillerato” en el sistema educativo español (16-17 años), siendo los objetivos centrales del análisis caracterizar el lenguaje usado por dichos estudiantes, analizar la coherencia discursiva y el tipo de representación lingüística de los textos escritos por ellos e identificar posibles obstáculos lingüísticos para el aprendizaje. Dentro de los principales resultados se encuentran la elaboración de textos con coherencia local únicamente. Asimismo, son frecuentes las secuencias de oraciones relacionadas mediante conectores causales en las que no es clara la función de cada oración dentro del texto completo. Se encontró baja estructuración global de los textos de los estudiantes y una mezcla de diferentes modelos explicativos de la respiración.*

**Palabras clave:** Educación en ciencias, ciencias naturales, discurso, lenguaje, enseñanza, aprendizaje.

• **Resumo:** Atualmente, a importância que têm os estudos a respeito da linguagem para o ensino das ciências reside, dentre outros aspectos, nas suas funções como via comunicativa privilegiada tanto no ensino como na aprendizagem, bem como mediadora e reguladora do desenvolvimento do pensamento dos estudantes. Neste trabalho são apresentados alguns resultados parciais da análise de textos escritos elaborados por estudantes da primeira série do segundo grau (16-17 anos), do sistema educativo espanhol (bacharelado), no campo conceitual da respiração. Os objetivos centrais foram: caracterizar a linguagem usada por estes estudantes, analisar a coerência discursiva e o tipo de representação lingüística dos textos escritos por eles e identificar possíveis obstáculos lingüísticos no processo de aprendizagem. Dentre os principais resultados encontra-se a elaboração de textos com coerência local. No entanto, são frequentes as seqüências de orações relacionadas mediante conectores causais, nas quais não é clara a função de cada oração dentro do texto completo. Também foi encontrada uma baixa estruturação global dos textos dos estudantes e uma mistura de diferentes modelos explicativos a respeito da respiração.

**Palavras chave:** Discurso, ciências, linguagem, ensino, aprendizagem.

• **Abstract:** *At present, the importance for Science Education of studies about language resides in a wide range of aspects, from which the authors highlight two of them: its function as privileged communication channel in teaching and learning, and as mediator and regulator of the development of students' thinking. For this purpose, they initially focus on some aspects of the communicative function of language. Then, they focus on the study of elements related to the semiotic function of language and to its function as a regulator of different central processes in Science Education. Next, the authors present partial results on the analysis of school texts in the conceptual field of respiration, written by students of the first year of the high school level called "bachillerato" in the Spanish school system (16-17 years-old). The central purposes of this analysis are to characterize the language used by those students, to assess discursive coherence and linguistic representation types in their texts, and to identify possible linguistic obstacles to learning. Among the main results, they found that those texts showed only local coherence; they also found frequent sequences of sentences related by causal connectors from which there is no clear function assignable to each sentence in the complete text. Low global structuring of students' texts was found, and a mixture of different explicative models of respiration.*

**Key words:** Science education, natural sciences, discourse, language, teaching, learning.

# Características del discurso escrito de los estudiantes en clases de ciencias\*

Óscar Eugenio Tamayo\*\*  
Neus Sanmartí\*\*\*

**-I. Introducción. -El lenguaje y la elaboración de significados en las clases de ciencias. -El lenguaje y la formación de conceptos en ciencias. -Análisis del discurso escrito de los estudiantes. -II. Metodología -III. Resultados y discusión. -Bibliografía.**

*Primera versión recibida septiembre 7 de 2004; versión final aceptada julio 7 de 2005 (Eds.).*

## I. Introducción

### El lenguaje y la elaboración de significados en las clases de ciencias

Tradicionalmente se ha presentado el lenguaje como un medio para hacer descripciones, para explicar el mundo tal como es, como un informe *objetivo* de lo que sucede de manera

---

\* Este artículo hace parte de un proyecto de investigación para optar al título de Doctor, con financiación de COLCIENCIAS. Contrato 098-98 iniciado el 1 de septiembre de 1999 y concluido el 30 de agosto de 2001.

\*\* Licenciado en Biología y Química. Master en Desarrollo Educativo y Social (Cinde-Universidad Pedagógica Nacional). Doctor en Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas (Universidad Autónoma de Barcelona). Profesor Universidad de Caldas y Universidad Autónoma de Manizales. Colombia. Profesor del Doctorado en Ciencias Sociales, Niñez y Juventud CINDE-Universidad de Manizales. E-mail: otamayoa@yahoo.com

\*\*\* Licenciada en Ciencias Químicas (Universidad de Barcelona). Doctora en Química (Didáctica), Universidad Autónoma de Barcelona. Profesora Universidad Autónoma de Barcelona. Directora del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad Autónoma de Barcelona. España. E-mail: neus.sanmarti@uab.es

independiente de los seres humanos (Sutton 1997). En esta perspectiva el significado dado a cada una de las palabras empleadas tiene poca o ninguna variación, llegándose a reducir casi por completo a su definición. Desde este ámbito tradicional, y ubicándonos en el contexto de la educación, la ciencia se considera como un archivo de hechos, y el lenguaje como un sistema de etiquetaje de esos hechos; asimismo, la función central asignada al lenguaje es la de transmitir ciertos conocimientos. Esta mencionada concepción del lenguaje, y por extensión de la comunicación, nos adentra en metodologías de la enseñanza transmisionistas en las que se entiende por conocimiento científico algo objetivo, inmutable, neutral, exacto y difícil de obtener. De forma similar se entiende por ciencia escolar aquella basada en la identificación, descripción y nombramiento de conceptos, los cuales se pueden adquirir según un orden creciente de dificultad bajo criterios acumulacionistas.

Una visión diferente del lenguaje nos lleva a reconocerlo como un instrumento para poner a prueba nuestras ideas, para predecir de alguna manera lo que va a suceder y para interpretar y dar sentido a las diferentes situaciones en las que participamos. Desde esta perspectiva, el lenguaje, dentro de una comunidad determinada, además de vocabulario y gramática es un sistema de recursos para crear significados, es una semántica (Luria 1984, Vygotsky 1995, Lemke 1997, Sutton 1997). Esta diferente concepción del lenguaje nos lleva a considerarlo como algo más que *el hablar*, en donde el significado de lo que se dice depende tanto de las palabras o conceptos utilizados como del contexto en el cual se usen y de la forma en la cual se expresen. En este proceso de construcción de significados existen características ilocutivas mediante las cuales se transmiten las intenciones del habla y a través de las cuales el lenguaje acelera la interpretación del contexto en el que se produce la comunicación (Bruner & Haste 1990).

El lenguaje, como herramienta simbólica, crea visiones del mundo, y al hacerlo puede imponer significados compartidos y compatibles en sus construcciones. Para Berger & Luckman (1984), el lenguaje, tanto en su léxico como en su sintaxis, es el portador de las categorías culturales en las cuales se divide el mundo; dado esto, la realidad es socialmente construida, es elaborada de nuevo por cada individuo a través del uso del lenguaje. En síntesis, con el lenguaje se hace posible que los individuos se formen imágenes subjetivas del mundo objetivo, las cuales son manipulables aun en ausencia de las percepciones inmediatas. Otros trabajos consideran el lenguaje como mediador cultural para el pensamiento y la acción expresados en prácticas cotidianas, mientras que otras perspectivas afirman que el desarrollo cognoscitivo está social y culturalmente condicionado (Candela 1999).

Con lo planteado anteriormente, es claro que el lenguaje no siempre se conceptualiza de la misma forma; puede ser considerado bien sea como vehículo para expresar el pensamiento o como medio para desarrollarlo. 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 esta perspectiva teórica adquiere gran importancia el contexto en el cual se 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, Guidoni & Mazzoni 1990, Jewitt 2000, Martins 2000, Sutton 1998a) y que propicien a la vez el uso de diferentes puntos de vista frente a las situaciones que se les presentan; estos aspectos son clave en las etapas

iniciales de la comunicación científica.

### **El lenguaje y la formación de conceptos en ciencias**

En el aprendizaje de las ciencias no es suficiente el conocimiento del significado individual de las palabras, dado que este no es único, ni universal. Aceptar que los significados son elaborados por los individuos y las comunidades nos lleva a reconocer que éstos no forman parte de la propia naturaleza del objeto o del fenómeno. Se requiere que los estudiantes aprendan a utilizar sus significados, que aprendan a usar adecuadamente tanto las palabras como los conceptos según diferentes contextos, problemas o situaciones, y que aprendan a relacionar los diferentes conceptos al interior de un campo del saber determinado. Saber utilizar las palabras y los conceptos en contextos diferentes forma parte de saber hablar en ciencias.

En este contexto de las clases de ciencias, docentes, textos y estudiantes expresan ideas que se ponen a prueba, se contrastan y se regulan, procesos en los cuales se construyen significados. Estos procesos tienen unas características específicas, definidas tanto por el *patrón temático*, como por el *patrón semántico* propio de la ciencia. El primero, referido a aquello que tienen en común las diferentes formas de decir lo mismo acerca de un tema científico determinado y, el segundo, en cuanto al significado común compartido por las diferentes formas de decir lo mismo (Lemke 1997). Para este autor, los estudiantes deben aprender tanto el contenido científico de un discurso como la forma comunicativa en la que éste se expresa. La enseñanza de las ciencias deberá orientar esfuerzos para lograr que los estudiantes desarrollen habilidades que les permitan extraer de un discurso los modelos científicos esenciales que subyacen a él. Este proceso de dar significado propio implica que el estudiante reconozca cómo los aspectos estructurales y funcionales del discurso contribuyen a la construcción de sentido.

Generalmente los conceptos no los usamos de manera independiente e individual; su utilidad proviene de las relaciones en las que incluimos el concepto y son éstas, y el contexto en el que las utilizamos, las que definen su significado. Tanto el concepto como sus significados se construyen mediante el uso de múltiples formas semióticas dentro de las que se destaca el lenguaje. De igual manera, una teoría científica o un sistema conceptual pueden considerarse como un patrón temático de relaciones semánticas con un significado particular al interior de una comunidad. Estos significados, contruidos mediante el uso de diferentes tipos de lenguajes, definen y diferencian una comunidad científica de otra. En síntesis, cuando un concepto científico está en proceso de formación, de manera concomitante a éste se da la adquisición del lenguaje científico; esto último implica tanto la adquisición de una nueva estructura semántica como de una nueva forma de pensar y de ver la realidad.

Al lenguaje se le ha asignado una función importante a nivel de la regulación de los aprendizajes, lo cual requiere de la evaluación de los diferentes usos del lenguaje empleado en clase y de las posibles interrelaciones entre las formas de mirar, razonar, comunicar, sentir y organizar el conocimiento (Guidoni 1991). Desde este punto de vista, los estudiantes aprenden ciencias porque reconocen ventajas en algunas 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 & Jorba 1996).*

Desde esta perspectiva de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, los estudiantes, además de los aspectos conceptuales, deben aprender a reconocer cuándo una explicación es válida y cuándo no, deben aprender cómo hablar del tema, cómo escuchar, y cómo dirigir el discurso. En síntesis deben aprender, además del contenido específico, la retórica de la comunicación científica en el aula; deben aprender a comunicar sus ideas, a dar más énfasis a lo que ellos consideren más importante, a usar las analogías, las metáforas y los símiles dentro de sus explicaciones; deben aprender a realizar las críticas y a defender sus argumentos y sus explicaciones. Comprender la importancia de los aspectos conceptuales, retóricos y contextuales en la elaboración del discurso de los estudiantes en clase de ciencias es sin lugar a dudas necesario para cualificar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Candela 1999, Jewitt 2000, Lemke 1997, Martins 2000, Millar 1998, Scott 2000, Sutton 1998a).

El análisis del lenguaje puede abordarse a partir de reglas lógicas; en este caso se da prioridad a aspectos gramaticales. Desde otra perspectiva metodológica el análisis puede realizarse prestando máxima atención a aspectos relacionados con la producción de significados (Sanmartí et. al. 2002, van Dijk 1989). En la actualidad, esta segunda tendencia en el análisis del discurso es especialmente importante para la educación en ciencias, en la medida en que se reconoce que el significado del discurso utilizado por profesores, y estudiantes, está en íntima relación con sus creencias y conocimientos previos acerca del mundo o de una situación determinada, en conjunción con los estados de ánimo, fenómenos, acciones y contextos en los que se produce el discurso. En otras palabras, la interpretación que elaboramos acerca de un hecho, es más un proceso cognitivo de uso del lenguaje, cuyo resultado es una representación conceptual del discurso en la mente del sujeto. Las dimensiones subjetivas, que dependen de factores personales, contextuales y motivacionales, presentes permanentemente en el uso del lenguaje, pueden determinar cuáles son los significados que reciben mayor atención en un momento determinado, cuáles pueden ser desagregados como conocimientos, creencias y opiniones, cuáles relaciones pueden ser activadas y cómo el significado puede transformarse en uno más personal o más contextual (van Dijk 1989).

### **Análisis del discurso escrito de los estudiantes**

El análisis de los textos escritos, como sistemas externos de representación que son (Martí & Pozo 2000), ha sido usado, entre otros fines, con el propósito de comprender los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Es importante destacar las múltiples relaciones que se han entretendido, por ejemplo, entre el análisis del discurso escrito y la comprensión de la evolución conceptual de los estudiantes (Duit et al. 1998, Tamayo 2001). De igual manera, Fellows (1994), considera que el análisis de los textos escritos es una metodología importante para el estudio del cambio conceptual. Asimismo, Manzon & Boscoso (2000), exploran la relación entre el discurso escrito y el desarrollo del conocimiento de los estudiantes, y destacan a su vez la importancia de la escritura en la comprensión de nuevos conceptos y en el cambio conceptual. Duit et al. (1998), destacan la relación entre el análisis del discurso y el cambio conceptual; consideran, además, la importancia de las

ideas previas y del contexto en la construcción individual y social del conocimiento. Estos estudios también han permitido conocer las características particulares y las maneras como los profesores utilizan el discurso para orientar y evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Edwards & Mercer 1988, Lemke 1997).

La perspectiva del análisis del discurso sobre el conocimiento de los estudiantes deriva de la etnometodología de Levingston, del análisis conversacional de Garfinkel y Sacks, del análisis del discurso de Potter y Wetherell y de la psicología discursiva de Edwards y Potter, (Duit et al. 1998). Desde la perspectiva de la cognición situada, el discurso es visto más como una acción que da lugar a la comprensión y a la génesis de respuestas adecuadas a problemas situacionales, que como una descripción de las concepciones del estudiantado. De igual forma enfatiza en la necesidad de conocer cómo los estudiantes construyen los conceptos a partir de las situaciones discursivas específicas generadas en el aula. Aquí el lenguaje es considerado como una forma de acción situada, altamente flexible; es más que la simple expresión de las representaciones cognitivas a través del habla.

El análisis del discurso en el aula debe tener en cuenta la función estructuradora que el contexto tiene sobre el contenido que es enseñado. A manera de ilustración, los significados de entidades abstractas como *mol*, *electrón* y *gen*, se construyen tanto a través de la experiencia perceptiva de los estudiantes como también de las maneras como se *hable* acerca de la evidencia o de la actividad en el aula.

Desde otra perspectiva, se ha empleado el análisis del discurso escrito de los estudiantes para tener un mejor conocimiento del funcionamiento cognitivo de aquéllos; tal es el caso de los estudios orientados a explorar los modelos mentales de los estudiantes en diferentes dominios del conocimiento (Gilbert et al. 1998, Gutiérrez 1996, Johnson-Laird 1983, Nersessian 1992, Schnotz & Preuß 1997, Tamayo 1999). En la actualidad, la orientación básica en el estudio de los modelos mentales reside en comprender —a partir del análisis del discurso— cuál es el proceso de construcción y de cambio de esas representaciones, y conocer cómo son usadas por los estudiantes para su razonamiento.

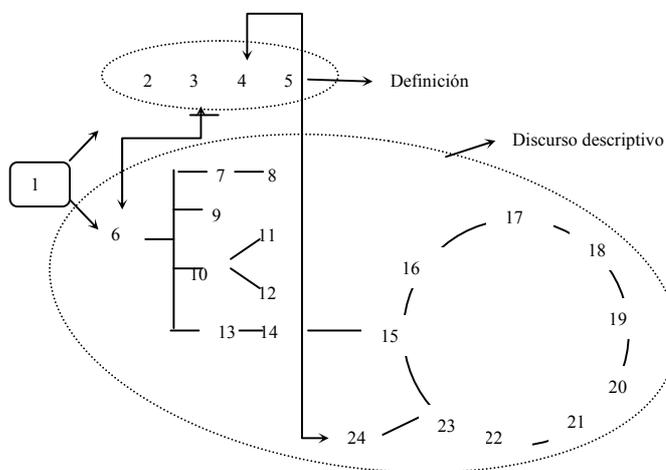
El análisis de los textos escritos se puede realizar tanto a nivel *estructural* como *funcional* (Lemke 1997). Desde la dimensión *estructural*, el significado del discurso está en función de las palabras, proposiciones y oraciones que lo constituyen. Se consideran las estructuras de expresión como estructuras de significado, el cual puede identificarse mediante el análisis de las secuencias de oraciones. En el marco de este análisis, el estudio del tipo de conectores empleados por los estudiantes, y el tipo de relaciones establecidas entre las diferentes ideas expresadas, nos puede informar acerca de la estructura discursiva de los alumnos. Aunque se considera la dimensión semántica como el aspecto central en el análisis del discurso escrito de los estudiantes, es evidente que los aspectos estructurales juegan un papel importante en la comprensión de su significado (van Dijk 1989, Orrontia et al. 1998).

En un discurso escrito, las oraciones y proposiciones no están sólo unidas por conectores lógicos; también es de gran importancia la influencia ejercida por los objetos o fenómenos sobre los cuales se elabora el discurso, por los estados de ánimo, por las experiencias previas y por el contexto en el que se genera el discurso. En este sentido van Dijk (1989) sostiene que un menor aporte al significado global de un discurso se deriva de los hechos denotados por el discurso, mientras un mayor aporte proviene de los conocimientos propios o creencias acerca de la situación. Con lo anterior destacamos una segunda perspectiva funcional que reconoce la importante influencia de la dimensión subjetiva en el uso del

lenguaje (Berger & Luckman 1984, van Dijk 1989, Lemke 1997, 1999 Scott, 2000). Los aspectos subjetivos determinan cuáles significados reciben especial atención, cuáles pertenecen más al ámbito de las creencias, de las experiencias previas, de las opiniones; y, a su vez, cómo se construyen significados más personales y contextuales. Además de lo anterior, es importante reconocer que el mayor aporte al significado global del discurso proviene de los conocimientos propios o creencias acerca de la situación. Dentro del análisis discursivo, el estudio de los textos escritos puede proporcionar información sobre cambios inter e intrasituacionales en la organización del lenguaje de los estudiantes, y sobre las interacciones entre el material didáctico y las actividades discursivas (Duit et al. 1998).

En el análisis *funcional* del discurso, algunos de los aspectos sobre los que se centra la atención son: su coherencia, las ideas centrales contenidas en el discurso y la forma en que éstas están relacionadas. La coherencia de un texto viene determinada tanto por el orden de las oraciones como por su significado en un contexto determinado, y puede ser global o local. La coherencia local está en íntima relación con la secuencia de oraciones que constituyen el discurso: puede ser condicional, cuando priman las relaciones condicionales o temporales entre los hechos o las acciones descritas en las oraciones; o funcional, cuando las proposiciones tienen por sí mismas una función semántica definida en términos de las relaciones con las proposiciones previas (ver figura 1). En este segundo caso, una proposición puede actuar como una especificación, una explicación, un ejemplo, una comparación o una generalización con respecto a proposiciones previas (van Dijk 1989).

Para la enseñanza de las ciencias, la información semántica más importante contenida en un discurso es la explicación implícita en su macroestructura, ya que sin ésta no habría control sobre las relaciones establecidas entre las diferentes ideas contenidas en el texto; asimismo, la macroestructura orienta el establecimiento de relaciones entre las diferentes proposiciones y oraciones utilizadas en el discurso y, a su vez, es la información semántica que da unidad total al discurso. En el análisis del discurso escrito de los estudiantes la coherencia local y la coherencia global determinan, en unión con el contexto en el cual se genera el discurso, sus múltiples significados.



**Figura 1:** representación de uno de los discursos escritos elaborados por Juan, en el que se destaca la forma en la cual el estudiante organiza sus ideas. Se representa un texto con alta coherencia global en el que se establecen inter-relaciones entre las principales ideas.

Para que un estudiante reconozca la macroestructura o coherencia global de un texto se requiere que establezca relaciones entre sus conocimientos previos y el conjunto de microproposiciones contenidas en el texto. A partir del análisis de las relaciones entre las ideas del sujeto y las contenidas en el texto, es posible identificar alguna o algunas ideas en torno de las cuales la persona construye el significado global del texto que analiza. Por ello, elaborar un texto con coherencia global se considera como un proceso estratégico en el que el estudiante aplica sus conocimientos para reconocer y seleccionar las ideas más importantes.

## II. Metodología

La investigación se realizó con un curso de 21 estudiantes de 1º de bachillerato (17 años de edad) de un Instituto de Educación Secundaria ubicado en el área metropolitana de Barcelona, correspondiente, en nuestro contexto colombiano, a estudiantes de décimo grado del bachillerato. Para la recolección de la información se utilizó un instrumento (ver anexo 1) que se sometió a juicio de expertos. Una vez realizada esta primera evaluación del instrumento, se aplicó en dos diferentes instituciones educativas con el propósito de realizar los ajustes pertinentes antes de la recolección definitiva de la información. El instrumento está constituido por dos partes: en la primera se presentan diez preguntas abiertas en las cuales el estudiante debe responder mediante la selección de una de cuatro opciones (MA: muy de acuerdo, A: acuerdo, MD: muy en desacuerdo, y D: desacuerdo). Cada una de estas preguntas está acompañada de un espacio en blanco en el cual el estudiante debe explicar su respuesta.

La segunda parte del instrumento consiste en una serie de preguntas abiertas en las cuales se presentan al estudiante situaciones cotidianas relacionadas con la respiración. Para cada una de las preguntas planteadas en esta sección los estudiantes deben explicar por escrito sus respuestas. Se incluyen también en esta parte del instrumento preguntas en las cuales los alumnos deben responder mediante el empleo de dibujos, esquemas, gráficas, etc. (ver anexo 1). El análisis de la información se realizó sobre los textos largos (150 palabras). Otros análisis tanto de orden lingüístico como conceptual (Tamayo 1999), tuvieron en cuenta, además de los textos largos, las expresiones cortas elaboradas por los estudiantes (20-30 palabras) y las representaciones no textuales elaboradas por ellos — aspectos no incluidos en este artículo—. Las diferentes conceptualizaciones de los estudiantes se valoraron según dos categorías: *estructura discursiva*, y *coherencia*, esta última evaluada a partir de los diferentes niveles de representación de un texto, las cuales pasamos a detallar.

### **Estructura discursiva**

Referida al tipo de conectores y al tipo de relaciones establecidas entre las diferentes

ideas expresadas por los alumnos.

### **Coherencia. Niveles de representación del texto**

Para describir la coherencia global de un texto escrito, obtenido como respuesta a un texto original dado, Ericsson & Kintsch (1995) han propuesto diferentes niveles representacionales, los cuales se constituyen en un continuo que va desde la repetición tautológica de las palabras contenidas en el texto original, hasta la puesta en juego de las propias ideas en relación con las ideas contenidas en el texto original. Estos autores proponen tres niveles de representación en los que se organizan y estructuran los contenidos procedentes del texto original con los conocimientos y experiencias previas del alumno:

- *Representación lingüística superficial*, la cual es elaborada a partir de las palabras presentes en el texto original.
- *Representación de la base del texto*, en la cual se especifican las diferentes relaciones semánticas entre las distintas partes del texto. Es una representación proposicional de las ideas y los conceptos, donde las paráfrasis permiten al alumno conectar ideas de procedencia distinta de la del texto original, y establecer niveles jerárquicos entre ellas.
- *Representación del modelo situacional*, equivalente a la coherencia global del texto, en la cual se ubican las referencias y las oraciones nuevas. Es una representación de la situación real que el texto describe y por lo tanto puede soportar reelaboraciones muy alejadas del texto original; son el resultado de la comprensión del contenido principal del texto.

El estudio de los diferentes niveles de representación de un texto es posible aplicarlo al menos en un doble sentido, desde la perspectiva de la lectura y la escritura de un texto. Desde la perspectiva de la lectura de un texto, en este caso el obtenido como respuesta a una pregunta, la construcción de una representación situacional implica: elaborar una representación de la situación a la que se refiere el texto, dar sentido a las palabras leídas, identificar las ideas centrales del texto, reconocer la estructura de más alto nivel de éste, relacionar las propias ideas con las categorías de dicha estructura, tener información sobre el contexto o situación, y establecer predicciones sobre hechos que sería plausible esperar en determinadas circunstancias; es importante, además, porque restringe el espacio de interpretación al modelo situacional previamente delimitado. Desde la perspectiva de la escritura de un texto, la representación situacional viene establecida por el significado asociado a cada una de las palabras empleadas en el discurso, por el significado de las oraciones construidas y por los tipos de relaciones establecidas entre las diferentes ideas expresadas en el texto.

### **III. Resultados y discusión**

Presentamos los casos de dos estudiantes —Juan y Laura— a partir de los cuales mostramos las estrategias metodológicas seguidas tanto para el análisis como para la

discusión de los resultados. Con los números entre paréntesis se identifican las ideas encontradas en los textos; y las expresiones subrayadas son útiles para identificar el tipo de conectores empleados por Juan y por Laura.

### ***a) El caso de Juan***

#### **a.1) Estructura discursiva**

El texto que escribe para hablar sobre su idea de respiración es:

*“Un proceso bioquímico en el cual los organismos obtenemos energía(1) que nos servirá para realizar las actividades vitales(2).*

*La respiración es diferente para cada tipo de organismo(3). Así pues no podemos comparar un hombre con una planta o un pez o una bacteria(4). Sin embargo la finalidad de la respiración es común(5). En los seres pulmonares recogemos, gracias al sistema respiratorio, el aire que tras pasar por la tráquea, bronquios y alvéolos de los pulmones pasa a la sangre su elemento O<sub>2</sub> (6). Los glóbulos rojos se encargan de distribuir el oxígeno que será transportado hasta ciertos órganos del cuerpo del organismo(7). Este oxígeno le será útil a las células para realizar una combustión donde se producirá energía y CO<sub>2</sub> (8). El CO<sub>2</sub> será excretado al exterior por el sistema respiratorio(9). La energía será utilizada en beneficio para el organismo(10).*

*En el caso de las plantas el proceso es diferente y hay que explicar que se realiza por fotosíntesis (necesitaría bastante espacio y mas tiempo)(11). En las bacterias puede haber una respiración fotosintética o quimiosintética ambas son diferentes (12) y no voy a explicarlas por el mismo motivo que el de las plantas(13) ...”*

La razón de relaciones causales simples a relaciones causales complejas es de 6:1. El 50% de los conectores empleados por Juan son de certeza y el 20% de consecuencia. Encontramos un total de 13 ideas generales, las cuales se organizan en dos grupos: las relacionadas con la definición del proceso de la respiración (ideas 2 a 5) y las relacionadas con la respiración en diferentes organismos, (ideas 6 a 13). En las ideas 2-5 (9% del texto), Juan plantea la función central del proceso de la respiración y orienta su discurso a explicar cómo obtienen energía diferentes organismos. Luego escribe un conjunto de párrafos descriptivos (91% del texto), que tratan de sustentar los aspectos centrales dados en la definición (figura 1).

El número de conceptos o palabras-concepto empleados por Juan para su explicación es de 24. Su texto es en parte explicativo y en parte descriptivo. En la definición inicial Juan emplea mayoritariamente conectores de certeza y de consecuencia, mientras que en el texto descriptivo utiliza conectores de certeza y de condición.

Tanto en los textos que escribe para dar respuesta a las otras preguntas como en aquellos elaborados para criticar los textos de sus compañeros de clase, sigue una estructura lógica deductiva, en la que parte, o bien de sus *ideas* sobre el tema, o bien de las *ideas* que le suscita el texto analizado, para luego hacer las precisiones que considera pertinentes. Juan delimita previamente las ideas que cree importante mencionar y, a partir de ellas, organiza su texto; es decir, la definición o afirmación inicial orienta el alcance de las explicaciones y

descripciones posteriores.

### a.2) Coherencia discursiva

Juan emplea el lenguaje en dos modos distintos. En uno de ellos, cuando se refiere a los modelos del intercambio de gases y de la combustión, su lenguaje muestra seguridad en los conceptos e ideas que quiere expresar, lo cual podemos corroborar por el mayor uso de conectores de certeza y por el empleo de estructuras deductivas en sus explicaciones, (ver expresiones subrayadas), tal como se ilustra a continuación:

*“La respiración es diferente para cada tipo de organismo. Así pues no podemos comparar un hombre con una planta o un pez o una bacteria. Sin embargo la finalidad de la respiración es común. En los seres pulmonares recogemos, gracias al sistema respiratorio, el aire que tras pasar por la tráquea, bronquios y alvéolos de los pulmones pasa a la sangre su elemento  $O_2$ . Los glóbulos rojos se encargan de distribuir el oxígeno que será transportado hasta ciertos órganos del cuerpo del organismo. Este oxígeno le será útil a las células para realizar una combustión donde se producirá energía y  $CO_2$ . El  $CO_2$  será excretado al exterior por el sistema respiratorio. La energía será utilizada en beneficio para el organismo.*

De la misma forma, cuando ha de elaborar un texto referido a una situación *familiar* para él, como es el caso del intercambio de gases, su discurso se reduce a una explicitación de ideas que no implican el establecimiento de relaciones diferentes a las ya presentes en sus textos anteriores. En este sentido, el estudiante estaría frente a la tarea de reproducir un discurso para él bien conocido o, en términos más generales, de utilizar el lenguaje para expresar sus ideas acerca del fenómeno observado.

En segundo lugar, cuando el estudiante se refiere a una situación en la que reconoce que debe hablar de ideas nuevas para él, aún no bien asimiladas, elabora un texto con una representación textual superficial, tal como sucede en el caso del modelo molecular para la respiración. En sus respuestas el alumno emplea un discurso más cercano al bioquímico, pero sin embargo parece no comprender realmente lo que sucede a nivel celular. Entonces utiliza un lenguaje más específico sin aprehender el sentido de éste y puede utilizar conceptos como anabolismo, catabolismo, ciclo de Krebs, glucólisis y cadena respiratoria sin demasiada coherencia. En síntesis, cuando se refiere a ideas más abstractas — usualmente del ámbito molecular— sus textos son más imprecisos y utiliza mucho más el condicional; pero a su vez denotan un intento importante por elaborar explicaciones al problema planteado, como es evidente en los siguientes textos:

*“Supongo que su temperatura máxima será la del ratón. Afirmo esto .... Pero no creo que llegue a alcanzar la temperatura corporal del ratón del todo, porque creo que tendríamos que tener en cuenta la temperatura ambiental. Pienso que esta última temperatura también determina la del agua. En conclusión; yo aseguraría que la máxima temperatura rondaría cerca relativamente, de la del ratón siempre y cuando se disponga de tiempo para realizar la prueba.*

*La temperatura máxima tiene que ser la del ratón... como mucho y después el ratón se ira adaptando, no se, si subiera más de temperatura, que lo dudo, el ratón se iría*

*adaptando, ...*

Juan al referirse a los modelos del intercambio de gases y de la combustión, que conoce bien, tiene la posibilidad de partir de las percepciones y relaciones que le sugiere el texto y de centrarse a su vez en las cualidades internas de éste. En tal sentido, el nivel de generalización logrado sobre estos dos modelos explicativos le permite distanciarse del plano de la percepción y representación directa que le sugiere la pregunta. En cambio, cuando la pregunta promueve la necesidad de utilizar ideas del modelo molecular para elaborar su respuesta, su escrito tiene una representación textual superficial, lo que nos puede mostrar que está construyendo dicho modelo.

La mayoría de los textos escritos por Juan presentan coherencia global funcional. En ellos se pueden identificar con facilidad las ideas centrales y sus relaciones con otras ideas secundarias u otros conceptos. Asimismo, cuando critica los textos de sus compañeros reconoce inicialmente la estructura global del texto que analiza y realiza sus críticas tanto a las ideas globales encontradas en estos textos, como a las ideas particulares, lo cual nos lleva a pensar que tiene la posibilidad de identificar diferentes modelos acerca de la respiración. Al reconocer con claridad el modelo que hay detrás de la pregunta, se representa la macroestructura global del texto a la cual vincula los diferentes conceptos o ideas que quiere expresar. Esto requiere poner en juego un conocimiento estratégico (Duit et al. 1998), a partir del cual relaciona las ideas más significativas de sus conocimientos previos con el contexto al que la pregunta hace referencia (de Jong & Ferguson-Hessler 1996). Como reconoce diferentes modelos acerca de la respiración, el estudiante puede referirse de manera independiente a cada uno de ellos de forma que, en cada caso, los discursos generados pueden ser significativamente diferentes sin dejar de mantener la coherencia para cada uno de ellos.

Por último, el uso del lenguaje con un mayor carácter hipotético al parecer facilita la evolución conceptual de Juan (Tamayo 2001). Cuando el modelo al que quiere referirse no lo tiene bien interiorizado, la función del lenguaje ya no es predominantemente comunicativa sino que se orienta a la elaboración de la explicación. Para ello crea nuevas realidades y tantea el establecimiento de nuevas relaciones, utilizando un lenguaje que no transmite tanta seguridad, con un mayor uso del condicional. Desde esta perspectiva, el lenguaje tiene una función mediadora y reguladora de la evolución conceptual de Juan.

## ***b) El caso de Laura***

### **b.1) Estructura discursiva**

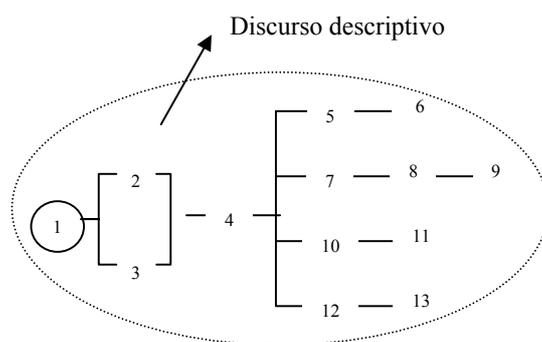
El texto que escribe para hablar sobre su idea de respiración es:

*“...un proceso por el cual obtenemos oxígeno mediante los procesos de inspiración y expiración(1). En el cual este oxígeno va a parar a nuestros pulmones donde se renueva y expulsamos CO<sub>2</sub>(2). El oxígeno lo cogemos por la nariz o por la boca y este oxígeno también llega a las células donde se produce energía a estas células(3). Este oxígeno va a parar a la sangre que lleva oxígeno que bombeado la sangre llega hasta el corazón(4). El oxígeno lo cogemos del aire que nos rodea y que lo generan los árboles(5). Mediante los procesos de inspiración y expiración cogemos oxígeno y*

*después de renovarlo lo volvemos a expulsar transformado en CO<sub>2</sub>(6)''.*

Este texto y los otros escritos por Laura son descriptivos: se caracterizan por un alto porcentaje de conectores de certeza (42%) y de lugar (47,5%). La razón de relaciones causales simples a relaciones causales complejas es de 6:0, lo cual puede ser un indicador de la poca interrelación que establece la estudiante entre las diferentes ideas expresadas, y del dominio de la causalidad simple en sus textos. Estos aspectos a su vez nos confirman el gran carácter descriptivo del texto analizado, así como la baja coherencia global funcional de éste.

En el texto anterior identificamos un solo párrafo constituido por 6 ideas generales que hacen referencia a la respiración como un proceso de intercambio de gases. El texto inicia con una breve definición de la respiración en la que hace referencia a los procesos de inspiración y expiración, y a continuación describe en forma general el transporte del oxígeno hasta su llegada a las células (figura 2).



**Figura 2:** Representación de uno de los escritos por Laura en el que se destaca la forma en la cual la estudiante organiza sus ideas. Se observa un texto con baja coherencia global y disposición lineal de las ideas, así como poca relación entre ellas.

La figura 2 nos muestra el gran carácter descriptivo del texto escrito por Laura. Encontramos un total de 13 ideas-concepto relacionadas con el transporte de gases. Las diferentes ideas se presentan de manera lineal y sin llegar a interrelacionarlas. No encontramos en el texto alguna idea que adquiriera nuevos significados en función de las otras ya expresadas, lo que nos lleva a pensar en la baja coherencia global funcional del texto. Vemos que las ideas que inicialmente se describen no son utilizadas posteriormente por la estudiante para elaborar una explicación en la que se integren diferentes partes de su discurso.

## **b.2) Coherencia discursiva**

Laura, al analizar los textos, se refiere tanto al lenguaje en sí mismo, como a las ideas contenidas en aquellos. Sus críticas siguen la estructura y el contenido del texto base. La estudiante se refiere de manera aislada a las ideas encontradas en los textos. Al parecer no

logra aprehender la idea global de éstos y, en consecuencia, hace críticas puntuales a ellos. No emplea ideas adicionales que permitan corregir o complementar las ideas que encuentra. De igual forma emplea un lenguaje *prestado* del texto que le ha sido dado para su análisis, tal como se muestra a continuación, lo que nos lleva a concluir que la estudiante elabora una representación lingüística superficial del texto que analiza:

**Pregunta:** Al medir la temperatura en los diferentes tubos se encontró que los tubos con más crecimiento bacteriano presentaban mayor temperatura que los tubos con menor crecimiento bacteriano. ¿Cómo puedes explicar las diferencias de temperatura encontradas?

**Respuesta:** *En los tubos con más crecimiento bacteriano hay mayor temperatura porque hay más bacterias y más concentración de glucosa. Y en los tubos con menos crecimiento hay menor temperatura porque hay menos bacterias y menos concentración de glucosa.*

**Texto dado:** El colibrí cuando está volando está gastando más oxígeno y a la vez está gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí.

**Crítica de Laura: Está de acuerdo con:** *“... todo lo que dice, que el colibrí cuando está volando está gastando más oxígeno y a la vez está gastando hidratos de carbono que ha tomado de las flores. El oxígeno se necesita para poder realizar la combustión en el interior del organismo del colibrí”.*

Frente a los textos dados la estudiante no logra distanciarse y exponer sus propias ideas. No elabora representaciones diferenciadas de los distintos modelos explicativos de la respiración, lo cual es evidente en sus críticas a los textos base en las cuales muestra su acuerdo con ideas que se refieren a la respiración como una combustión, a la vez que con las ideas propias del modelo de intercambio de gases e, incluso, vitalistas. Ello le conduce a dar explicaciones contradictorias. En otras palabras, no encontramos que Laura critique los textos de sus compañeros de clase desde conjuntos coherentes y consistentes de ideas, desde la identificación de la coherencia global del texto.

En este caso, la cantidad y variedad de ideas que Laura mezcla es tal que dificulta en gran medida identificar posibles ideas unificadoras en sus críticas. En otras palabras, su proceso de generalización no le ha permitido identificar las ideas esenciales desde las cuales organizar su discurso, o lo que es lo mismo, su proceso de generalización es tan vago que no es posible identificar algunas ideas como centrales que le permitan elaborar discursos con coherencia global y, a su vez, realizar críticas consistentes libres de contradicciones internas y de altos niveles de sincretismo.

#### IV. Conclusiones

De la aplicación del análisis a todos los alumnos de la muestra, encontramos que el 70% de los textos escritos por ellos presentan las ideas y los conceptos de manera lineal, lo que nos lleva a pensar en el dominio de la causalidad simple en la elaboración de textos escritos por los estudiantes. Desde este punto de vista son frecuentes las secuencias de oraciones relacionadas mediante conectores causales, en las que no es clara la función de cada oración dentro del texto completo. Se encontró baja estructuración global de los textos de

los estudiantes, y una mezcla de diferentes modelos explicativos de la respiración.

En la comprensión del significado global de un texto es importante el desarrollo de cierto proceso estratégico que le permita al estudiante identificar las ideas más importantes del texto analizado y, con base en ellas, elaborar su propia crítica. En el grupo estudiado encontramos diferencias importantes en la forma como los estudiantes aprehenden el sentido de un texto; mientras Laura se representa el texto superficialmente, Juan se distancia y elabora sus críticas de manera independiente de las ideas contenidas en el texto.

Desde esta perspectiva del análisis del lenguaje, cobra fuerza la posibilidad que tienen los estudiantes de establecer nuevas relaciones entre las ideas que conocen y las estudiadas en el aula o las derivadas de los hechos que analizan. Encontramos que en sus textos, los estudiantes emplean el lenguaje de manera tautológica, denotativa o hipotética. El uso de un lenguaje hipotético, en el que se relacionen las nuevas ideas con las antiguas, parece ser importante para la evolución conceptual (Tamayo 2001), en la medida en que le permite al estudiante crear nuevos contextos en los cuales las ideas adquieran nuevos significados, como es el caso de Juan cuando trata de responder a preguntas relacionadas con la regulación de la temperatura. El uso de lenguajes denotativos, que reflejan seguridad, se relaciona con momentos de consolidación del modelo construido, aunque en algunos casos parece que al mismo tiempo puede ser un obstáculo para su evolución hacia otros modelos explicativos de la respiración, más abstractos y complejos. En cambio, el uso de lenguajes tautológicos —como es el caso de Laura— parece constituirse en un obstáculo para la evolución conceptual.

A partir de la identificación de relaciones entre características del discurso escrito de los estudiantes, se pueden inferir algunas posibles líneas de actuación en las clases de ciencias que podrían ser útiles para favorecer el aprendizaje en el contexto del aula de clase. Entre otras se destaca la importancia de:

1. Promover, en los momentos en los que se introducen nuevas ideas, la elaboración de textos hipotéticos con un buen uso del condicional y del subjuntivo.
2. Ayudar a los estudiantes a reconocer explicaciones de tipo tautológico y a ser críticos ante ellas.
3. Propiciar el reconocimiento de semejanzas y diferencias entre los textos escritos con coherencia local —en los que las ideas expresadas no se relacionan entre sí—, y los textos con coherencia global, en los que alguna de las ideas centrales se constituye como núcleo de la explicación.
4. Propiciar gradualmente la elaboración de discursos con mayor coherencia global en el campo de estudio específico, y ayudar a los estudiantes a reconocer qué aportan al sentido y al significado del discurso las diferentes proposiciones y oraciones utilizadas.
5. Favorecer en los estudiantes la toma de conciencia en cuanto a la influencia de factores individuales y contextuales en la elaboración de los discursos escritos.

### **Anexo 1: Ejemplos de algunas de las preguntas empleadas para la recolección de la información**

1. Cuando estás realizando algún ejercicio (corriendo, jugando...) habrás notado que respiras más rápido que cuando estás en reposo. ¿A qué crees que se deba esta diferencia en la respiración?

2. A continuación te presentamos una serie de afirmaciones. Debes escribir: **CA** si estás completamente de acuerdo. **CD** si estás completamente en desacuerdo. **A** si estás parcialmente de acuerdo. **D** si estás parcialmente en desacuerdo. Para cada una de las preguntas planteadas debes justificar tu respuesta.

- No existe relación entre los procesos de respiración y de nutrición. ¿Por qué?
- La principal función de la respiración es tomar oxígeno y liberar gas carbónico. ¿Por qué?
- Al respirar, el oxígeno nos da la energía que necesitamos para realizar nuestras funciones. ¿Por qué?
- La respiración de un animal que tiene pulmones es similar a la de un organismo sin pulmones. ¿Por qué?

3. En una evaluación sobre el concepto de respiración el profesor pidió a sus estudiantes que explicaran el proceso de la respiración. Indica para cada respuesta si estás de acuerdo o en desacuerdo con ella y explícale a estos compañeros la razón de tu opinión.

**Laia contestó:**

*“El árbol produce oxígeno el cual nosotros recogemos por la nariz o por la boca, baja por la tráquea hasta los pulmones que intercambian el aire (oxígeno) por el dióxido de carbono. El dióxido de carbono lo recuperan los árboles que lo transforman en oxígeno”.*

**Estoy de acuerdo con:**

**No estoy de acuerdo con:**

**Carlos contestó:**

*“A través de la respiración nosotros cogemos el oxígeno, este oxígeno es transportado por la sangre y llega hasta las células. Las células utilizan este oxígeno para producir energía y también para producir dióxido de carbono y agua”.*

### **Bibliografía**

- Arca, M., Guidoni, P. & Mazzoni, P. (1990). Enseñar ciencia. Barcelona: Paidós/Rosa Sensat.
- Berger, P. T. & Luckmann, T. (1984). La construcción social de la realidad. Buenos Aires: Amorrortu.
- Bruner, J. & Haste, H. (1990). La elaboración del sentido. Paidós: Buenos Aires.
- Candela, A. (1999). Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso. México: Paidós.
- Dijk, T. A. van (1989). Handbook of discourse analysis. Great Britain: Academic press.
- Duit, R., Roth, W-M., Komarek, M. & Wilbers, T. (1998). Conceptual change cum discourse analysis to understand cognition in a unit on chaotic systems: towards an integrative perspective on learning in science. International Journal of Science Education, 20, 9, 1059-1073.

- Edwards, D. & Mercer, N. (1988). El conocimiento compartido: el desarrollo de la comprensión en el aula. Barcelona: Paidós.
- Edwards, D. & Potter, J. (1992). Discursive psychology. Londres: Sage.
- Ericsson, K. A. & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 2, 211-245.
- Fellows, N. J. (1994). A windows into thinking: Using students writing to understand conceptual change in science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 9, 985-1001.
- Gilbert, J., Boulter, C. & Rutherford, M. (1998). Learning science through models and modelling. En: Fraser, B. and Tobin, K. (eds.). *International Handbook of Science Education*. 2, Section 1.4.
- Guidoni, P. (1991). Dinámica del coneixement. Curs de doctorat: Didàctica de las ciències i de les matemàtiques. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Gutiérrez, R., (1996). Modelos Mentales y concepciones espontáneas. *Alambique*, 7, 73-86.
- Jewitt, C. (2000). Multimodal communication in science classroom. Ensenyar ciències: Construcció de significats i comunicació multimodal. Universidad de Barcelona. Documento no publicado.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Jong, T. de & Ferguson-Hessler, M. (1996). Tips and qualities of knowledge. *Educational Psychologist*, 31, 2, 105-113.
- Lemke, J. L. (1997). Aprender a hablar ciencia. Barcelona: Paidós. Trad. Ana García et al. *Talking science: language, learning and values*. Norwood: Ablex Publishing Corporation).
- Lemke, J. L. (1999). Meaning-making in the conversation: Head spinning, heart winning, and everything in between. *Human Development*, 42, 87-91.
- Luria, A.R. (1984). *Conciencia y Lenguaje*. Aprendizaje. Madrid: Visor.
- Martí, E. & Pozo, J. I. (2000). Más allá de las representaciones mentales: La adquisición de los sistemas externos de representación. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 11-30.
- Martins, I. (2000). Onda ou partícula: Argumentação e rotótica na aprendizagem da natureza da luz. Trabalho apresentado e publicado nas Atas do VII Encontro de pesquisa em ensino de física, Florianópolis, SC, Brasil, 27-31 de mayo.
- 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). London: Routledge.
- Nersessian, N. (1992). How do scientist think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. In: Giere, R. (Ed.) *Cognitive models in science*. (pp 3-44). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Orrantia, J., Rosales, J. & Sánchez, E. (1998). La enseñanza de estrategias para identificar y reducir la información importante de un texto. Consecuencias para la construcción del modelo de la situación. *Infancia y Aprendizaje*, 83, 29-57.
- Sanmartí, N. & Jorba, J. (1996). Importancia del lenguaje en la evaluación del proceso de construcción de los conocimientos científicos. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Sanmartí, N., García, M. P. & Izquierdo, M. (2002). Aprender ciencias aprendiendo a

- escribir ciencias. *Educación Abierta*, 160, 141-174.
- Schnotz, W. & Preuß, A. (1997). Task-dependent Construction of Mental Models as a Basic for Conceptual Change. *European Journal of Psychology Education.*, 12, 2. 185-211.
- Scott, P.(2000). Teacher talk and meaning-making in science classrooms. En: Enseñar ciencias: construcción de significados i comunicación multimodal. Universidad de Barcelona. Documento no publicado.
- Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*. 12, 8-32.
- Sutton, C. (1998). New perspectives on language in science. In: Fraser, B. J. and Tobin, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*, 27-38.
- Tamayo, O. E. (1999). Tendencias sobre el concepto de bioenergética en estudiantes de primero de bachillerato. Sus representaciones mentales. Trabajo de investigación para optar al título de Master. Universidad Autónoma de Barcelona. Trabajo no publicado.
- Tamayo, O. E. (2001). Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Vygotski, L. S. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós.

