

## La valoración de procesos de enseñanza de la física en el ámbito universitario: Los criterios de idoneidad\*

The valuation of processes of physics' teaching in the university context: The suitability criteria

THAMARA FAGUNDEZ ZAMBRANO\*\*

MARINA CASTELLS LLAVANERA\*\*\*

---

### RESUMEN

Presentamos un estudio cualitativo donde las nociones subyacentes en los 'Criterios de Idoneidad' permiten conocer en qué medida procesos de instrucción desarrollados por profesoras experimentadas de física básica pueden, o no, valorarse como didácticamente pertinentes o 'idóneos'. La versatilidad, flexibilidad, concreción y poder de análisis del conjunto de nociones teóricas configuradas en el 'Enfoque ontosemiótico de la cognición e instrucción matemática' hace que su aplicación, conjuntamente con marcos teóricos semiótico-comunicativos y retórico-argumentativos, represente un poderoso recurso para valorar procesos de instrucción en cualquier área del conocimiento. La experiencia, enmarcada en un estudio de casos, se desarrolla en el contexto de una facultad de ingeniería, y los resultados aportan elementos que pueden orientarse a la formación del profesorado.

*Palabras clave:* Enseñanza de la física, análisis del discurso, formación del profesorado, valoración de procesos de instrucción.

### ABSTRACT

We present a qualitative study where the underlying notions in the 'Criteria of Suitability' allow to know to what extent processes of instruction developed by experienced professors of physics for engineers can, or not, to be valued as pertinent or 'didactically suitable'. The application of set of theoretical notions formed in 'Ontosemiotics approach of the cognition and mathematical instruction', jointly with semiotics-communicative and rhetorical-argumentatives theoretical frameworks, represents a powerful resource to value instruction

\* Investigación cualitativa desarrollada en el Depto. de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Venezuela.

\*\* Ingeniero Industrial. Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Depto. de Física, Venezuela. E-mail: tfagunde@uc.edu.ve

\*\*\* Licenciada en Física. Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universitat de Barcelona, Facultat de Formació del Professorat. Depto. de Didáctica de las Ciencias Experimentals i la Matemática. España. E-mail: marina.castells@ub.edu

processes in any area of the knowledge. The results of the study can contribute to the training of the teaching staff.

*Keywords:* Physics' teaching, discourse analysis, training of the teaching staff, valuation of instruction processes.

Recibido 04/10/07. Aceptado 10/01/08.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ingeniero es un profesional que por su formación en términos del conocimiento y uso de las ciencias matemáticas, físicas, disciplinares específicas e ingenieriles, y los métodos de análisis y diseño, ha desarrollado competencias que le permiten dar solución a problemas provenientes de los ámbitos tecnológicos o científicos. En la formación básica del ingeniero, 'la física' cumple función esencial en dos aspectos: conceptual y formativa. Por una parte, promueve el aprendizaje de conocimientos básicos fundamentales para el estudio de las ciencias de la ingeniería y, por otra, promueve en el estudiante el desarrollo de capacidades esenciales, como la abstracción, organización, análisis, metodología para resolución de situaciones problemáticas y comunicación y actitudes deseables para su futuro desempeño profesional. Tales aspectos caracterizan o configuran el 'perfil' del ingeniero.

En la enseñanza de la física al profesor se le presenta el desafío de integrar aspectos en una enseñanza de contenidos disciplinares con una finalidad específica de formación (desarrollo de habilidades y competencias): la resolución de situaciones problemáticas; y en la que además de aprender física, los alumnos aprendan a manejar un conjunto de habilidades cognitivo-lingüísticas, relacionadas tanto con habilidades cognitivas, como con las estructuras conceptuales propias de la física, además de aprender también a pensar en forma abstracta, con conceptos científicos y en base a modelos científicos. Su 'hacer' en el aula puede contribuir al desarrollo de las competencias (como manifestación del desarrollo de habilidades), y por tanto, a la formación del estudiante de ingeniería.

A partir de investigaciones desarrolladas en el campo de la formación del profesorado, se ha intentado saber qué conocen los profesores, cómo llegan a conocerlo y cómo mejorar ese conocimiento. Una fuente de este conocimiento, y que contribuye a que los alumnos construyan significados, y en el caso de los estudiantes de ingeniería, a su formación integral, es el 'quehacer' del docente en el aula de clases. Y parte importante de este 'hacer' en el aula son las explicaciones que éstos desarrollan durante las clases.

En el contexto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Venezuela, y en la enseñanza de la física, las explicaciones de los profesores representan parte importante de la actividad desarrollada en el aula, y los profesos-

res son profesionales cuya formación profesional corresponde a áreas no relacionadas con la enseñanza (ingenieros y/o licenciados en física pura). Otro elemento característico es que actualmente el equipo docente que 'enseña física' está formado mayoritariamente por profesores de ingreso reciente sin ninguna formación didáctico-pedagógica.

Considerando que el cuerpo de conocimientos de los profesores experimentados se encuentra muy ligado al 'contexto', a la experiencia, así como nuestro interés en la formación del estudiante de ingeniería, realizamos una investigación con la finalidad de indagar el 'quehacer' de varios profesores experimentados a partir del estudio de sus explicaciones, con la finalidad última de conocer en qué medida las mismas pueden considerarse didácticamente idóneas.

## 2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

### 2.1. *Objetivo general*

Valorar la idoneidad didáctica de los procesos de enseñanza de la física universitaria en el contexto de una facultad de ingeniería.

### 2.2. *Objetivos específicos*

2.2.1. Identificar los elementos característicos de la enseñanza de la física desarrollada por profesores experimentados en el contexto de una facultad de ingeniería, a través del análisis de sus explicaciones.

2.2.2. Identificar los elementos de formación que aporta al estudiante de ingeniería 'el hacer' de los profesores experimentados.

2.2.3. Valorar la 'idoneidad didáctica' de las enseñanzas de la física estudiadas.

## 3. REFERENTES TEORICOS

### 3.1. *La idoneidad didáctica*

Un proceso de instrucción (cada experiencia particular de enseñanza de un contenido dado), según Godino, Contreras & Font, 2006, comprende distintas dimensiones interconectadas: epistémica (significados institucionales), docente (funciones del profesor), discente (funciones de los alumnos), mediacional (recursos materiales), cognitiva (significados personales), emocional (sentimientos y afectos); en cada una de las cuales podemos identificar un conjunto de elementos, (tareas, acciones, etc.), secuenciados en el tiempo y que, según tales autores, pueden modelizarse como un proceso estocástico. En el Enfoque Onto-Semiótico de la Cognición Matemática, EOS, se considera que la idoneidad glo-

bal de un proceso de estudio se valora teniendo en cuenta un conjunto de criterios, llamados 'Criterios de Idoneidad':

- *Idoneidad epistémica*: grado de representatividad de los significados institucionales implementados (o previstos), respecto de unos significados de referencia.
- *Idoneidad cognitiva*: grado de proximidad de los significados implementados con respecto a los significados personales iniciales de los estudiantes, o de manera equivalente la medida en que el "material de aprendizaje" esté en la zona de desarrollo potencial de los alumnos y alumnas.
- *Idoneidad semiótica*: relacionada con los conflictos semióticos potenciales y su resolución mediante la negociación de significados.
- *Idoneidad mediacional*: grado de disponibilidad de los recursos materiales y temporales necesarios para el desarrollo del proceso de estudio.
- *Idoneidad emocional*: grado de implicación (interés, motivación) de los alumnos y alumnas en el proceso de estudio. La idoneidad emocional está relacionada tanto con factores que dependen de la institución como con factores que dependen básicamente del alumno y de su historia escolar previa.

El término semiótico se utiliza de manera amplia (todo lo relacionado con la comprensión), mientras que los términos cognitivo y mediacional se utilizan de manera restrictiva. El término cognitivo se utiliza cuando intervienen los conocimientos previos y el mediacional para referirse a los medios temporales (sobre todo) y a los recursos materiales. Por ser la EOS un enfoque emergente, sus constructos están en constante proceso de revisión y actualización por parte de los investigadores. En la revisión llevada a cabo en el año 2006 por Godino y sus colaboradores reestructuran a la Idoneidad Semiótica, considerándola como parte de la Idoneidad Interaccional, e incorporan al conjunto de idoneidades componentes a la Idoneidad Ecológica:

- *Idoneidad interaccional*, grado en que las configuraciones y trayectorias didácticas permiten, por una parte, identificar conflictos semióticos potenciales (que se puedan detectar a priori), y, por otra, resolver los conflictos que se producen durante el proceso de instrucción mediante la negociación de significados.
- *Idoneidad ecológica*, grado de adaptación del proceso de estudio al proyecto educativo del centro, las directrices curriculares, las condiciones del entorno social, etc.

Tales criterios, o idoneidades, se organizan teniendo en cuenta las interacciones entre las mismas, lo cual requiere hablar de la *idoneidad didáctica* como

criterio sistémico de pertinencia (adecuación al proyecto de enseñanza) de un proceso de instrucción, cuyo principal indicador empírico puede ser la adaptación entre los significados personales logrados por los estudiantes y los significados institucionales pretendidos/ implementados.

### 3.2. *La investigación sobre los procesos comunicativos en el aula*

Desde hace unos años ha habido un interés creciente en la investigación en Didáctica de las Ciencias por el estudio de las interacciones discursivas en las clases de ciencias (Mortimer, 1998; Mortimer & Scott, 2003). Estos estudios, y otros en la misma dirección, se separan de los estudios que se orientaban hacia las comprensiones individuales de los estudiantes y se interesan más por las maneras como los significados científicos se elaboran en el contexto de toda una clase.

Un renovado interés por la actuación del profesor en las clases de ciencias ha surgido (Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy, 1996) y la concepción del profesor como facilitador de actividades para el aprendizaje (constructivismo personal), cambia al considerarlo como un actor clave en el proceso de construcción de significados científicos visto primero a nivel social (Vygotsky, 1978) y después a nivel individual. De acuerdo a esta perspectiva la educación científica se puede considerar como un proceso de construcción de significados que se produce a través de las interacciones profesor-estudiantes y estudiantes-estudiantes.

Entre las investigaciones que han permitido el estudio de los procesos comunicativos desarrollados en el aula encontramos algunas donde se destaca la construcción de significados (Lemke, 1997; Mortimer & Scott, 2003; Scott, 1998) y otras donde se hace énfasis en los modos comunicativos usados para comunicar la ciencia; es decir la multimodalidad de la enseñanza (Lemke, 1998). En la mayoría se comparte una nueva perspectiva, según la cual a través de las interacciones que se establecen por medio del lenguaje y de otros medios semióticos, se comparte y se negocia y así se van construyendo unos significados que, primero, serán sociales y después, se reconstruirán en el ámbito individual (Lemke, 1997; Vygotsky, 1978). Y por otra parte, para la interpretación de lo que pasa en las clases de ciencias se empieza acudir a nuevas perspectivas teóricas más ligadas a los fenómenos comunicativos, como la semiótica (Lemke, 1997; Jewitt, Kress, Ogborn & Tsatsarelis, 2001; Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy, 1996), la retórica (Martins, 1999) y la argumentación (Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl & Ellenbogen, 1999; Solomon, 1989; Duschl & Osborne, 2002).

#### 4. DISEÑO METODOLOGICO

Nos situamos en una *perspectiva epistemológica* caracterizada por la consideración del significado como algo relacionado a las prácticas humanas, desarrollado y transmitido en contextos esencialmente sociales, construido por seres humanos cuando éstos interactúan con el mundo que interpretan, y con el contexto en el que las prácticas sociales tienen lugar. En base a tales cuestiones onto-epistémicas, una *aproximación metodológica cualitativa* resulta ser la más adecuada para desarrollar la investigación. Como método específico optamos por un estudio descriptivo-interpretativo de casos. Tal selección obedece, al igual que la elección de una aproximación cualitativa, a la consideración de algunas cuestiones de corte onto-epistémicas.

*El estudio de casos que se desarrolla es descriptivo e interpretativo*, en la medida que aporta información básica sobre los casos mismos, y ofrece una descripción densa y en detalle de los casos estudiados; así como interpretaciones en base a categorías (inductivas y deductivas) que las sustenten. El tipo de estudio de caso que se realiza es el que Stake (1998) denomina "*estudio instrumental colectivo de casos*". Instrumental, porque el estudio es un instrumento para obtener otros fines indagatorios; y colectivo, ya que nuestro interés se centra en indagar el proceso de la enseñanza universitaria de la física, estudiando intensivamente varios casos.

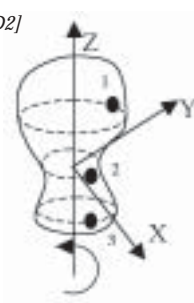
La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Venezuela; y en el Departamento de Física; el cual es uno de los que maneja la más alta matrícula por cada una de las cátedras que lo conforman. Las tres profesoras experimentadas que colaboran en el estudio son ingenieros con más de quince años de experiencia docente. Las tres son consideradas, según el juicio de sus compañeros y el director del departamento, 'buenas profesoras'. Tal consideración social es bien conocida por una de las autoras de este estudio por desempeñarse como profesora en el mismo departamento. Las tres profesoras se han desempeñado en diferentes etapas de su trayectoria como mentoras de profesores noveles del departamento de física (ingenieros y/o licenciados en física); y han desarrollado actividades de formación dirigidas a todo el cuerpo docente como seminarios, foros de discusión y talleres sobre diferentes tópicos de física, etc.

#### 5. LOS DATOS Y SU RECOGIDA

Los datos 'primarios' del estudio los constituyen las explicaciones elaboradas por las profesoras de física. El registro de las clases se hizo a través de la grabación en vídeo, porque permitía la visualización de las diferentes sesiones regis-

tradas las veces que hicieran falta. Incorporamos y analizamos explicaciones acerca de los diferentes tópicos contemplados por el currículo de la asignatura. La complejidad del estudio obligó a dividir el mismo en ‘fases’; cada una con un propósito definido e involucrando actividades, procedimientos de técnicas de recogida de datos y de análisis diferenciados, aunque todos de corte cualitativo. El procedimiento seguido para el desarrollo de la investigación incluyó siete fases: (a) La formación de la plataforma conceptual de referencia. (b) El análisis exploratorio (orientada a la observación cuidadosa de los vídeos y reducción de los datos). (c) La selección de los episodios explicativos que finalmente se involucrarían en el estudio; (d) La ‘transformación’ de los datos primarios recogidos. (e) El diseño de los instrumentos para plasmar los datos de la forma más cercana posible a la realidad registrada, que se puede visualizar en la Tabla 1; (f) La elaboración de las categorías, según cada uno de los dos referentes teóricos, que usaríamos para analizar los episodios explicativos, y (g) El análisis de los datos.

TABLA 1. Transformación de los datos y transcripción en instrumento diseñado.

Lenguaje oral	Lenguaje escrito y visual	Gestualidad
<p>Profesora: Entonces, (<b>rotación pura</b>) es el movimiento en el cual todas las partículas de un sistema describen trayectorias circulares coaxiales [<i>Comienza a dibujar un cuerpo de forma irregular y un eje vertical a lo largo del mismo: D2.</i>] en torno a un eje (<b>fijo</b>) [<i>Dibuja las trayectorias descritas por tres partículas. Dibuja tres puntos sobre cada trayectoria: D2.</i>] Son tres partículas distintas que (<b>pertenecen</b>) a un mismo sistema, porque un cuerpo rígido es como un sistema de partículas continuo y todas estas partículas están describiendo trayectorias circulares [<i>G4</i>] en torno a un mismo eje [<i>G5</i>]. Por eso se le conoce como trayectoria circular coaxial,... son circunferencias cuyos centros están alineados en una misma recta; esta recta [<i>G6</i>] para nosotros es el eje de rotación y va a estar fijo, así que no vamos a contaminar el movimiento [ ], no vamos a estar pendiente de si existe o no movimiento de traslación, por ahora; el eje (<b>nunca</b>) se va a mover porque estamos en (<b>rotación pura</b>), así que nos vamos a concentrar en el movimiento circular descrito por cada una de las partículas.</p>	<p>[D2]</p> 	<p>[G3] Mueve las manos en círculos.</p> <p>[G4] Ilustra con la mano y siguiendo la trayectoria circular dibujada en pizarra.</p> <p>[G5] Señala el eje vertical dibujado.</p> <p>[G6] Señala recta dibujada.</p>

## 6. EL ANALISIS DE LOS DATOS Y LOS RESULTADOS

Los datos, reducidos y organizados adecuadamente, se analizaron, a través de instrumentos diseñados para tal fin; y utilizando un enfoque descriptivo, interpretativo. Para el estudio de las explicaciones consideramos la enseñanza de la física como un proceso socialmente compartido y que incluye la reelaboración de unos significados científicos que han de resultar convincentes a la comunidad.

Por otra parte, dado que la explicación une en actos de comunicación el lenguaje oral y escrito, y diversos recursos como gestos, movimientos corporales, expresiones faciales, ecuaciones matemáticas, imágenes, gráficos, dibujos, tablas y demostraciones, con el fin de contribuir a que los estudiantes logren 'ver' e interpretar el mundo de acuerdo a los significados científicos que se van construyendo, consideramos conveniente un acercamiento a las explicaciones desde una perspectiva 'didáctico-comunicativa'.

Finalmente, los profesores en sus explicaciones incluyen elementos de carácter retórico-argumentativo destinados a captar, mantener y motivar la atención y el interés de los alumnos, y aportan razones que justifican cada uno de los conceptos, tópicos o temas que imparten, con el fin de 'convencer' a los alumnos de los puntos de vista científicos, orientando las interpretaciones de éstos en un sentido dado y de procurar que se adhieran en base a 'razonamientos', a conocimientos científicamente aceptados. Así, un acercamiento desde una perspectiva 'retórico-argumentativa' se presentó como interesante para la caracterización de las explicaciones de los profesores para enseñar física.

Los referentes teóricos para la elaboración de las categorías de análisis y análisis desde las perspectivas 'didáctico-comunicativa' 'retórico-argumentativa' se basan en las aportaciones de las obras *Formas de explicar* de Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996) y *Tratado de la argumentación* de Perelman & Olbrechts-Tyteca (1958), respectivamente.

## 7. EL ANALISIS DE LOS DATOS

Esta fase del estudio incluye el proceso de elaboración de las categorías de análisis, el diseño de un instrumento que permitiera llevar a cabo el análisis, y el análisis *per se* de los datos. A partir de las obras de Ogborn y Perelman extraemos las macrocategorías y categorías 'preliminares' para efectuar el análisis de las explicaciones. Realizamos, para cada conjunto de categorías, un 'análisis preliminar-confirmatorio' con el fin de verificar la aplicabilidad de tales categorías y refinar el proceso de elaboración de las categorías definitivas de análisis. Una vez confirmadas las categorías extraídas inicialmente, e identificadas otras surgidas del análisis, reelaboramos las categorías de análisis. La Figura 1 mues-



tra algunas categorías definitivas de análisis según el referente de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958).

En relación al instrumento de análisis, elaboramos uno adaptado a nuestras necesidades y objetivos de análisis, en el sentido de que permitía la caracterización de los episodios explicativos en función de las diferentes categorías de análisis elaboradas, así como la incorporación de otros elementos de interés que nos hizo llevar a cabo análisis desde un enfoque más holístico.

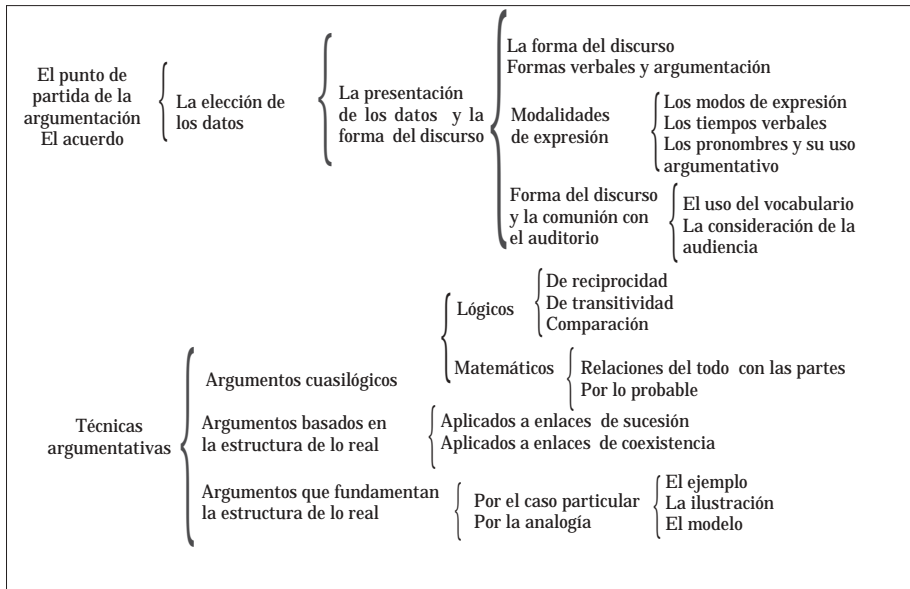


FIGURA 1. Algunas categorías de análisis elaboradas desde la perspectiva retórico-argumentativa.

El diseño en general del instrumento de análisis se adaptó para el análisis desde los dos referentes teóricos. Previo al diseño final del mismo llevamos a cabo un proceso de codificación de las categorías de análisis que elaboramos. Por ejemplo, para codificar las categorías según Ogborn, partimos de los aspectos en los que éste se basa para analizar las explicaciones ('macro categorías': la creación de diferencias, la elaboración de entidades, la re-elaboración del conocimiento, la creación de significados a partir de la demostración y la dinámica de la clase). Cada 'macro categoría' involucra diversos aspectos que permiten el análisis en detalle de la misma ('categorías') y a los cuales asignamos un código numérico. Una muestra del proceso descrito se presenta en la Figura 2.

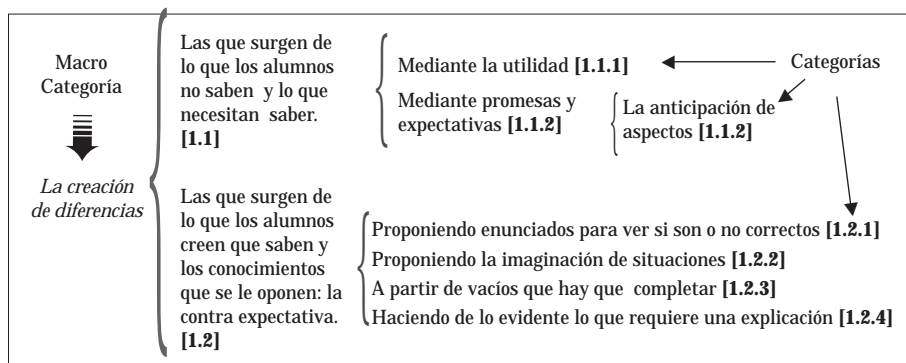


FIGURA 2. Muestra del proceso de codificación de las categorías de análisis. Referente: Ogborn, Kress, Martins y Mcgillicuddy (1996). Perspectiva semiótico-comunicativa.

En la Tabla 2 se presenta una sección del instrumento de análisis perspectiva semiótico-comunicativa.

TABLA 2. Sección de la Tabla de análisis. Referente Ogborn, Kress, Martins y Mcgillicuddy (1996). Perspectiva semiótico-comunicativa.

Episodio		Categoría Identificada	Detalle del análisis
Categorías (Ogborn <i>et al.</i> )			
1	1.1.1. La utilidad		
	1.1.2. La anticipación		
	1.2.1. Prop. enunciados		
	1.2.2. Prop situac. Imag.		
	1.2.4. Evidente/ Explic.		
2	2.1.1. Comparar entidades		
	2.1.2. Entid./otros pts. vista		
3	3.2.1.2. La analogía		
	3.2.1.3. La metáfora		
	3.2.1.6. El ejemplo		
	3.2.1.7. El antropomorfismo		
	3.2.2.1.3. El énfasis vocal		
	3.2.2.1.4. La repetición		
	3.2.2.2. Lenguaje escrito		
	3.2.2.3. Lenguaje visual		
3.2.2.4. Lenguaje gestual			

## 8. RESULTADOS

Los análisis de las explicaciones nos aportaron información sobre algunos de los componentes que permiten valorar la 'idoneidad didáctica' de la enseñanza de la física en una facultad de ingeniería, así como también extraer el aporte de tal enseñanza a la formación integral del estudiante de ingeniería.

### 8.1. *Resultados en relación a la Idoneidad Didáctica de las enseñanzas estudiadas*

Los análisis realizados desde las perspectivas de análisis seleccionadas, nos aportaron indicadores que nos permitieron valorar las componentes cognitiva, interaccional, mediacional, emocional y ecológica, de la idoneidad didáctica de los procesos de enseñanza.

#### 8.1.1. *La idoneidad cognitiva de las enseñanzas*

Aprender un contenido supone un proceso de 'elaboración' en el sentido que el alumno selecciona y organiza las informaciones que le llegan por diferentes medios, el profesor entre otros, estableciendo relaciones entre los mismos. En la medida en que los alumnos consiguen establecer relaciones entre el nuevo 'material' de aprendizaje y sus conocimientos previos, serán capaces de atribuirle significados al conocimiento nuevo. La valoración inicial de los conocimientos de los alumnos (significados personales construidos, en el lenguaje de Godino, Contreras & Font, 2006) es uno de los aspectos que permiten valorar la 'idoneidad cognitiva' de una enseñanza dada.

En las diferentes sesiones de clases estudiadas, las profesoras, generalmente al inicio de la lección (etapa destinada, según la perspectiva 'retórico-argumentativa, a la 'preparación de la audiencia'), indagan sobre el conocimiento de los alumnos como parte del proceso de revisión de los aspectos vistos en la clase justo anterior; o en clases anteriores en general. Valoramos positivamente que las profesoras no presuponen como 'logrados' los conocimientos que los alumnos ya tienen y que necesitan 'traer' a la clase para continuar con la construcción de otros significados científicos. En el fragmento siguiente se observa la revisión llevada a cabo al inicio de la sesión destinada a la construcción de significados en relación al 'Movimiento de proyectiles'.

... muy bien estudiamos todos esos tipos de movimientos, tanto en la dirección del eje X como en la dirección del eje Y. En la dirección de X hablamos del movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado, que se caracterizan por ser ambos de trayectoria rectilínea, uno es a velocidad constante y el otro a ace-

leración constante. ¿Eso fue lo que dijimos, no? *[Mira al grupo]*.

Alumnos: Sí.

Alumno 4: OK. También vimos o analizamos el movimientos de cuerpos en la dirección del eje Y. ¿Cuáles?

Alumnos: Caída libre y lanzamiento vertical.

Profesora: Muy bien, y al igual que antes encontramos uno a velocidad constante y el otro a aceleración constante. ¿Sí? Eso fue lo que dijimos.

Alumnos: No.

Profesora: ¿No?, ¿qué dijimos entonces?

Alumno 2: que a menos que el cuerpo tenga algo adicional el cuerpo tiene aceleración de gravedad.

Alumno 5: Y que la gravedad es constante.

Profesora: Okey, dijimos que el movimiento de caída libre  $[G2]$  es un movimiento en el cual el cuerpo se ve sometido a la (**fuerza gravitatoria**), y donde la aceleración que esta fuerza imprime se conoce como (**aceleración de la gravedad**); solamente influye la (**gravedad**); (**el cuerpo se mueve sujeto sólo a la aceleración de la gravedad**) y siempre será así...

Observamos que en una fase de la revisión de conocimientos previos, la profesora inserta en su explicación un enunciado falso respecto al movimiento de unidimensional: y que se resuelve por las aportaciones de alumnos y de ella misma. Consideramos que, dado que los enunciados falsos pueden ser incorporados en cualquier punto de la lección, además de crear una necesidad de explicación, contribuyen a mantener la atención de los alumnos. De cierta manera les motiva a revisar constantemente sus conocimientos, a no aceptar 'a ciegas' todo lo que la profesora enuncia a lo largo de la lección, y a mantener una actitud atenta y orientada al análisis de los enunciados presentados y de la confrontación de los mismos con sus conocimientos previamente construidos. Cuestionamos, sin embargo, que dada la forma en que, en general, se hacen las revisiones, y el tiempo que se dedica, no logran recoger datos en profundidad sobre tales significados personales de los alumnos, y que pudieran utilizar como 'referencia' para elegir una forma dada de reelaboración, y para establecer relaciones entre ese conocimiento previo y lo nuevo que les presentan para aprender.

En el contexto didáctico, las profesoras 'eligen' transposiciones didácticas o formas de reelaboración, que incluyen la elección de diferentes recursos y modos comunicativos, y que hacen que sus explicaciones puedan 'llegar' a alumnos con diferentes formas de aprender, capacidades, significados personales, etc.; y por tanto, en cierto sentido tienen en cuenta las 'diferencias individuales' de los alumnos. Tal aspecto lo podemos ver en la Tabla 1 que hemos presentado anteriormente.

Un tercer aspecto que permite valorar la idoneidad cognitiva de los procesos de enseñanza estudiados, tiene que ver con la 'efectividad' de las explicaciones elaboradas para contribuir a que los alumnos construyan significados. Para valorar el mismo, sólo contamos con la información que nos aportan las graba-

ciones de las sesiones de enseñanza realizadas por éstas. A partir de las mismas sólo es posible tener una 'idea' sobre la construcción de significados personales tomando como referencia los espacios de comprobación y seguimiento realizados por las profesoras. En tales espacios, en general a partir de las respuestas de los alumnos y/o los diálogos motivados por preguntas colectivas (como por ejemplo: ¿Está claro?, ¿por qué digo...?, ¿vamos bien hasta aquí?, ¿sí?, ¿está bien?, etc.) o planteamientos de cuestiones o situaciones más específicas (por ejemplo, el análisis de hechos reales o imaginarios), así como por otros indicios obtenidos a través de elementos no verbales de la comunicación, las profesoras obtienen datos sobre si los alumnos han logrado, o no, los aprendizajes deseados. Las repuestas y/o diálogos que se dan entre las profesoras y los alumnos en diferentes fragmentos explicativos nos 'revelan' casos en que existen conflictos cognitivos, así como otros donde los alumnos dan indicios de haber, o no, logrado construir significados personales. A continuación presentamos un fragmento de una sesión de clase donde observamos los aspectos antes comentados:

Profesora: ... un cuerpo a velocidad constante... mientras más rápido sea esa velocidad mayor será su potencia ¿cierto o falso? ... un carro se mueve a velocidad constante de 20m/s y otro carro se mueve a velocidad constante de 40m/s.... el que se mueve más rápido es porque **(tiene mayor potencia)** [ ]. Alumnos: cierto.

Profesora: Cierto, ¿por qué?

Alumno 1: Si tiene mayor velocidad es porque tiene más potencia.

Profesora: Por aquí me dicen que si tiene mayor velocidad es porque tiene más potencia. Por allá [*Señala a un alumno al fondo del aula*], ¿qué dicen?

Alumno 2: Es falso.

Profesora: Dicen que es falso, ¿Por qué?

Alumno 2: Bueno, ¿no es que depende de las condiciones del sistema?

Profesora: Okey, sí. Estamos en el mismo sitio.....¿Qué hacen los cilindros en el carro? Uhhh [ ], imagínense que yo necesito cargar mil sacos, y para realizar este trabajo pongo a cuatro obreros. Si en lugar de cuatro obreros pongo ocho, obviamente lo van a hacer más rápido, y es mejor. Ahí [ ] lo mismo pasa con la cilindrada. El aumento de la cilindrada optimiza el trabajo del motor, puede hacer más trabajo en menos tiempo, es decir más potente es. Okey. Repito, el mismo carro, las mismas condiciones, lo único es que uno es de tres y el otro es de cuatro cilindros [ ] uno va a 20 m/s de aquí a allá [*hace gesto indicando esto*] y el otro a 40m/s también de aquí a allá [*repite gesto anterior, indicando esto*]. Yo puedo afirmar que cuando el carro va más rápido, y que tiene mas cilindros, desarrolla mayor potencia ¿sí o no?, ¿cierto o falso? [ ].

Alumnos. Cierto.

Profesora: Cierto. ¿Todos estamos de acuerdo? [*Mira al grupo*].

Alumnos: Síiii.

Alumno 4: Profesora es falso, porque independientemente de que tenga más cilindros, si se mueve a velocidad constante no hay fuerza aplicada.

Profesora: **(Esa es una explicación [ ] es falso, ¿por qué?)**, porque si la velocidad es constante no hay aceleración, no hay fuerza aplicada, no hay trabajo, no hay potencia.

Alumno 5: Profesora también porque delta k vale cero.

Profesora: Otra explicación es ésa, si la velocidad es constante, no hay trabajo (**porque la energía cinética no cambia, porque delta k vale cero**); si no hay trabajo no hay potencia porque la potencia depende del trabajo ¿está claro?...

La existencia de espacios destinados a la indagación inicial de los significados personales de los alumnos, a la consideración 'implícita' de las diferencias individuales de los alumnos; así como a la ejecución de actividades que permiten 'tener una idea' de la construcción de significados personales de los alumnos, y de la 'proximidad' de éstos a los significados que las profesoras pretenden que éstos construyan, nos hace valorar la idoneidad cognitiva de los procesos de enseñanza estudiados, no como positiva en un 'grado máximo', pero sí como positiva en un 'nivel medio'. Tal nivel implica que en cada elemento considerado hay aspectos susceptibles de mejora.

### 8.1.2. *La idoneidad interaccional de las enseñanzas*

El análisis realizado nos aporta una serie de elementos que nos muestran el interés de las profesoras por la 'comunicación' durante el desarrollo de las lecciones estudiadas, y en base a tal información, podemos emitir una valoración acerca de la 'idoneidad interaccional' de los procesos de enseñanza-aprendizaje observados. En todos los fragmentos explicativos analizados, el modo de gestión de los significados implementado para contribuir a la construcción de significados o entidades científicas, se basa en una configuración didáctica de tipo 'magistral' que, a la vez, incluye, a lo largo de los diferentes procesos de enseñanza, una serie de elementos que promueven el diálogo y, por tanto, la interacción entre profesoras y alumnos, en el contexto de situaciones específicas (lo que los hace diálogos contextualizados). Desde este punto de vista, las configuraciones didácticas 'empíricas' efectivamente implementadas por las profesoras en los diferentes procesos de enseñanza analizados son mayoritariamente de tipo magistral, con rasgos propios del tipo dialógico. Tal aspecto puede observarse en los diferentes fragmentos antes presentados.

Desde el punto de vista de Godino, Contreras & Font (2006), tienen mayor 'idoneidad interaccional' los formatos de tipo dialógico y de trabajo cooperativo. Sin embargo, desde nuestro punto de vista, los esfuerzos de las profesoras por involucrar las voces de los alumnos en el proceso de construcción de los conocimientos científicos a lo largo de las lecciones, nos deja ver el 'carácter dialógico' del proceso, aun cuando las clases se enmarcan en 'sesiones magistrales'. Atribuimos este carácter, a partir de la constatación de las interacciones que ocurren entre las profesoras y los alumnos, así como de los alumnos entre sí durante las lecciones.

Las clases observadas representan una forma de 'reelaboración', en la que se transforma un conocimiento científico complejo, a la vez que se engranan preguntas, o se dirige la atención hacia asuntos de importancia, se motiva y se identifican y se resuelven conflictos semióticos que se producen durante el proceso de enseñanza. Según como se llevan, pueden ayudar a los alumnos a aprender en profundidad, y ganar la atención de éstos en asuntos determinados. En tal sentido, aunque no podemos valorar como alta la 'idoneidad interaccional' de las enseñanzas observadas, sí consideramos que tiene un valor superior a la que tendría una enseñanza enmarcada en una sesión magistral en la que la 'única' voz que se escuchara durante la lección fuese la del profesor.

### 8.1.3. *La idoneidad mediacional de las enseñanzas*

Los medios de los que disponen las profesoras para el desarrollo de los procesos de enseñanza de la física estudiados, son básicamente los utilizados en una 'enseñanza tradicional'. Las profesoras disponen de pizarras acrílicas y de marcadores. El aula no dispone de ordenadores, ni pantallas de proyección. Y aun cuando los profesores tienen a su disposición un retroproyector, éste no es usado en ninguna de las clases que estudiamos. Observamos, sin embargo, que las profesoras incorporan en sus explicaciones experiencias demostrativas usando diversos 'objetos materiales' como bolígrafos, libros de texto, bolsos, pesas, ruedas giratorias, bancos giratorios, etc., con el fin de:

- a) *Ilustrar el comportamiento de sistemas físicos.* Por ejemplo, en el desarrollo del tópico Energía potencial encontramos cómo la profesora ilustra, con la ayuda de un "bolígrafo" (Figura 3), el comportamiento de un resorte, cuando se aleja de su posición de equilibrio (se estira).

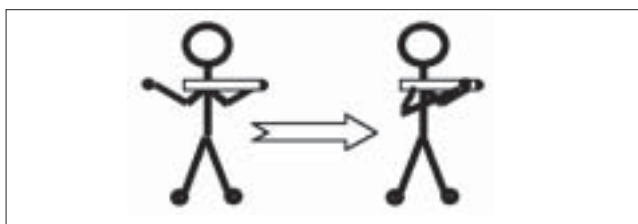


FIGURA 3. El uso de objetos materiales. Caso: Ilustración.

- b) *Facilitar a los alumnos la visualización de entidades no visibles,* como por ejemplo el encontrado en otro episodio donde la profesora, para reelaborar una explicación que no queda clara a un alumno, incorpora ahora el uso de

una mochila (morril) para hacer que los alumnos visualicen la dirección y sentido de las entidades fuerza y desplazamiento para el caso de un cuerpo que desciende, y para que finalmente ‘vean’ el ángulo entre ambos vectores ( $180^\circ$ ), y comprueben que el trabajo realizado por la fuerza, como antes lo había afirmado, es negativo.

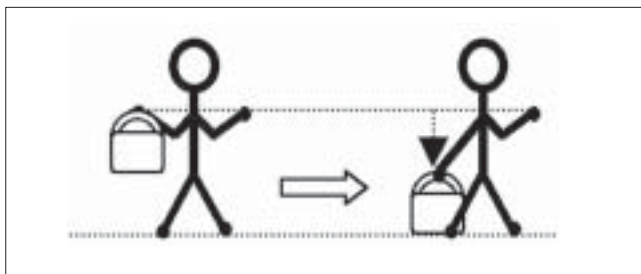


FIGURA 4. El uso de objetos materiales. Caso: Visualización.

c) *Comprobar principios físicos.* En otro segmento explicativo, la profesora incorpora una práctica para mostrar una situación con el fin de “hacer ver” al grupo clase, lo que la teoría dice que sucederá; en relación con el ‘Principio de la conservación del momento angular’. En este caso se observa que el banquillo gira con mayor rapidez cuando el alumno acerca las pesas al eje de su cuerpo y viceversa.

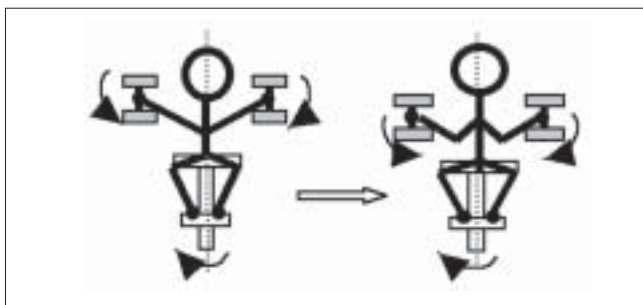


FIGURA 5. El uso de objetos materiales. Caso: Comprobación.

Tales aspectos hacen que los procesos que estudiamos sean de una idoneidad mediacional ‘media’; superior a la que tendrían procesos de instrucción en los que sólo se usara la pizarra y marcadores (o tiza); pero inferior en compara-



ción a la idoneidad que tendrían procesos donde se dispusieran y usaran, también, medios informáticos y/o otros recursos de soporte visual.

#### 8.1.4. *La idoneidad emocional de las enseñanzas*

Las configuraciones didácticas ‘magistrales interactivas’ que definen los procesos de enseñanza que analizamos, incluyen elementos que promueven la interacción profesoras-alumnos, y entre alumnos. Echamos en falta una mayor presencia de situaciones que sean significativas para los alumnos, tanto desde el punto de vista de sus intereses personales, como del campo de la industria y la ingeniería. Este ‘vacío’ afecta la valoración positiva de tal componente de la idoneidad didáctica de las enseñanzas.

#### 8.1.5. *La idoneidad ecológica de las enseñanzas*

Las lecciones analizadas corresponden a clases de física desarrolladas en el contexto de la enseñanza básica a estudiantes de ingeniería. El objetivo de la institución (entendida como la cátedra en la que se inserta la asignatura Física) es la formación inicial de los futuros ingenieros. El doble carácter de la física tanto como materia instrumental básica para la formación académica de los alumnos, como el de materia que proporciona la formación científica esencial propia del estudiante de ingeniería.

Los diferentes contenidos de la asignatura se articulan en una red conceptual que aporta a los alumnos la plataforma básica científica que éstos necesitan para construir posteriormente, y en el marco de otras asignaturas científico-tecnológicas, otros y más complejos significados personales. Por otra parte, las actuaciones de las profesoras, en el marco de las enseñanzas de tales contenidos, aportan a la formación del estudiante una serie de elementos que contribuyen a la formación del ‘perfil’ del profesional de la ingeniería. Aun así, pudieran aportarse ‘más’ elementos de formación al estudiante, lo que hace que también en este sentido, la ‘idoneidad ecológica’ de las enseñanzas no sea todo lo ‘alta’ que pudiera haber sido.

#### 8.2. *Resultados en relación al aporte del hacer docente a la formación integral del estudiante de ingeniería*

La física dentro de la ingeniería presenta un doble carácter, el de materia instrumental básica para la formación académica de los alumnos, y el de materia que debe proporcionar la formación científica esencial propia del estudiante de

ingeniería. Desde nuestro punto de vista, el quehacer de las profesoras contribuye a que la enseñanza de la física cumpla tales funciones, en el contexto de la formación básica de la ingeniería.

8.2.1. EL CARÁCTER INSTRUMENTAL viene dado por la necesidad que tiene el alumno de adquirir unos conocimientos básicos de física con que abordar asignaturas posteriores dentro de la carrera. Las profesoras a lo largo de las diferentes sesiones de clase contribuyen a que los alumnos construyan significados en relación a estructuras conceptuales propias de la física (conceptos, modelos, teorías, leyes y principios), y que son contenidos básicos que éstos necesitan para tener una plataforma intelectual sólida para la adquisición de nuevos y más complejos conocimientos que elaborarán sucesivamente a través de otras asignaturas.

8.2.2. EL CARÁCTER FORMATIVO tiene que ver con la necesidad de que el estudiante desarrolle ciertas habilidades que a primera vista no se relacionan con los contenidos de la física, pero que son necesarias para desenvolverse adecuadamente dentro de este campo y el de la ingeniería. El quehacer de las profesoras incluye una serie de recursos y estrategias que contribuyen a promover, en los alumnos, el desarrollo de un conjunto de habilidades que tienen que ver con argumentar, justificar, razonar, describir, explicar, etc. (procesos cognitivo-lingüísticos), comparar, interpretar, etc., (habilidades cognitivas), además de ayudar a los alumnos a aprender a pensar en forma abstracta, con conceptos científicos y en base a los modelos científicos de la física (capacidad de abstracción). También contribuyen al desarrollo de capacidades esenciales como organización, análisis, metodología para resolución de situaciones problemáticas, relacionar y aplicar los conocimientos a la práctica, explicar fenómenos y hacer preguntas sobre ellos, entre otras.

Consideramos que pudiera aportarse 'más' elementos de formación al estudiante. Echamos en falta más trabajo orientado a promover la capacidad para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes, capacidad de comunicación oral y escrita, así como el brindar a los alumnos espacios de trabajo donde intenten resolver problemas en entornos cooperativos y/o colaborativos, donde puedan trabajar en interacción con otros estudiantes para superar los problemas, puedan probar, fallar y recibir retroalimentación, discutir, analizar, razonar; en general argumentar, comunicarse, etc.

## CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

1. El estudio de las explicaciones de los profesores experimentados aportó 'pistas' acerca de 'cómo' éstos transforman su conocimiento disciplinar en un conocimiento 'enseñable' y la contribución de su labor al desarrollo de habilidades y capacidades que el estudiante de ingeniería requiere para ser un profesional competente.

2. El referente aportado por Ogborn y sus colaboradores ha resultado ser un buen instrumento para describir lo que pasa en las clases de física de nivel universitario desde el punto de vista de la actuación del profesor. Algunas de las categorías elaboradas a partir de la obra de Ogborn y colaboradores nos han resultado especialmente interesantes; en concreto, las nociones de creación de diferencias y la de atribuir de significado a la materia, así como la importancia que se da a la transformación de conocimiento. Estas aportaciones son nuevas para la didáctica de las ciencias y nos hacen cambiar aspectos de la manera de ver lo que pasa en estas clases, especialmente en relación a la actuación de los profesores. El estudio permitió identificar algunos vacíos en el modelo que con vendría llenar y en relación a lo cual nosotros hemos hecho un primer intento. En concreto, echamos en falta la incorporación en el modelo de elementos para analizar y caracterizar los aspectos multimodales y argumentativos de forma destacada, los que siempre están presentes en las clases de física y que valoramos como fundamentales, y que nos ha llevado a incorporar en el estudio aspectos de otros marcos teóricos como la multimodalidad y aspectos retórico-argumentativos en base a la obra de Perelman & Olbrechts-Tyteca (1958).

3. La teoría de Perelman & Olbrechts-Tyteca permite elaborar un marco analítico que tiene los aspectos argumentativos no separados de los aspectos de conocimiento científico. Permite apreciar el contenido argumentativo del discurso y el poder de convencimiento de las explicaciones de los profesores a partir de la identificación y la caracterización de los puntos de partida de las argumentaciones, de los esquemas argumentativos y de como éstos se ordenan e interaccionan entre sí, siempre contrastándolos con las formas de pensar y de argumentar de los estudiantes, el auditorio, a quienes van dirigidas las explicaciones. Además integra en un solo marco los aspectos de argumentación verbal, visual y las experiencias demostrativas usando objetos materiales.

4. Las aportaciones del constructo multidimensional 'idoneidad' representan una nueva herramienta teórica que permite abordar de forma integral la complejidad de factores que intervienen en el diseño, desarrollo y valoración de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física. Permite centrar la atención del análisis didáctico en las interacciones entre los significados institucionales y personales, y representa una herramienta para el análisis y la síntesis didáctica.

5. La noción de idoneidad didáctica y las herramientas para su análisis y valoración permiten establecer un puente entre una didáctica descriptiva-explicativa y su aplicación para el diseño, implementación y evaluación de intervenciones educativas específicas. La idoneidad didáctica, como herramienta para el *análisis* y la *síntesis* didáctica, puede ser útil para la formación de profesores, tomando como referencia que un problema persistente en educación tiene que

ver con cómo diseñar programas que influyan sobre la naturaleza y calidad de la práctica docente.

## REFERENCIAS

- Driver, R.; Newton, P. & Osborne, J. 2000. "Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms". *Science Education* 84 (3), pp. 287-312.
- Duschl & Ellenbogen, K. 1999. "Middle School Science Students' Dialogic Argumentation". *European Science Education Research Association Conference*. Kiel.
- Duschl, R. & Osborne, J. 2002. "Supporting and promoting argumentation discourse in science education". *Studies in Science Education*, 38, pp. 39-72.
- Godino, J.D.; Contreras, A. & Font, V. 2006. "Análisis de procesos de instrucción basado en el enfoque ontológico-semiótico de la cognición matemática". *Recherches en Didactiques des Mathematiques*, 26 (1): 39-88.
- Jewitt, C.; Kress, G.; Ogborn, J. & Tsatsarelis, Ch. 2001 *Multimodal teaching and learning: Rhetorics at the science classroom*. London: Continuum International Publishing Group.
- Lemke, J. 1997. *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores* (edición original en inglés, 1993: *Talking Science: Language, learning and values*). Barcelona: Paidós.
- , 1998. "Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text". In: Martin, J. & Veal, R. (eds.). *Reading Science: critical and functional perspectives on scientific discourse*. London: Routledge.
- Martins, I. 1999. "Rhetoric and science education". In: *Research in science education. Past, present and future*. Proceedings of Second International Conference of European Science Education Research Association. Kiel, Germany.
- Mortimer, E. 1998. "Multivocality and univocality in the classroom discourse: An example from theory of matter". *International Journal of Science Education*, 20(1), pp. 67-82.
- Mortimer, E. & Scott, P. 2003. *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- Ogborn, J.; Kress G.; Martins, I. & McGillicuddy, K. 1996: *Explaining science in the classroom*. Maidenhead: Open University Press.
- Perelman, Ch. & Olbrechts-Tyteca, L. 1958. *Traité de l'argumentation. La nouvelle rhétorique* (5ª ed.). Bruxelles: Editions de l'Université de Bruxelles.
- Scott, H. 1998. "Teacher talk and meaning making in science classrooms: A Vygotskian analysis and review". *Studies in Science Education*, 32, 45-80.
- Solomon, J. 1989. "The social construction of school science". In: R. Millar (ed.), *Doing science: Images of science in science education* (pp. 126-136). New York: Falmer Press.
- Stake, R. 1998. *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.
- Vygotsky, L. 1978: *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, M.A.: Harvard University Press.