

LAS EXPLICACIONES UNIVERSITARIAS DE FÍSICA: UN ESTUDIO RETÓRICO-ARGUMENTATIVO DE LA TRANSFORMACIÓN DEL CONOCIMIENTO

*Thamara J. Fagúndez**

Universidad de Carabobo

*Marina Castells***

Universitat de Barcelona

RESUMEN

La investigación indaga la actuación de profesores experimentados a partir del estudio y caracterización de sus explicaciones en clases de física. El contexto es la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Venezuela. La aproximación metodológica es cualitativa y se enmarca en un estudio descriptivo-interpretativo de casos. Considerando el carácter social, retórico, argumentativo y multimodal de las clases de ciencias, seleccionamos el referente teórico aportado por Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989). Incorporamos aportes de la investigación sobre la multimodalidad en la enseñanza de las ciencias (Lemke, 2002, 1999, 1998, 1997; Jewitt, Kress, Ogborn, Tsatsarelis, 2001; Kress, Ogborn, Jewitt y Tsatsarelis, 2000; Kress, Ogborn y Martins, 1998), para analizar los aspectos multimodales de las explicaciones. La propuesta analítica y metodológica elaborada, integra recursos y aspectos retórico-argumentativos y de construcción de significados científicos utilizados por los profesores en una clase de física. Los resultados muestran la contribución del 'que hacer' docente a la construcción del conocimiento.

Palabras clave: Análisis del discurso, didáctica de la física, retórica, argumentación.

UNIVERSITY EXPLANATIONS OF PHYSICS: A RHETORICAL-ARGUMENTATIVE STUDY OF KNOWLEDGE TRANSFORMATION

ABSTRACT

The purpose of the study is to investigate the performance of experienced teachers from the study and characterization of their explanations in physics classes. The context is the Faculty of Engineering at the University of Carabobo, Venezuela. The methodological approach is qualitative and is framed in a descriptive and interpretative study of cases. Considering the social, rhetorical, argumentative and multimodal science classes, we select the theory concerning the basic contributed by Perelman and Olbrechts-Tyteca (1989). Incorporating input from research on multimodality in science education (Lemke, 2002, 1999, 1998, 1997, Jewitt, Kress, Ogborn, Tsatsarelis 2001, Kress, Ogborn, Tsatsarelis and Jewitt, 2000, Kress, Ogborn and Martins, 1998), to analyze the multimodal aspects of the explanations. The proposed analytical methodology developed, and integrated resource-argumentative and rhetorical aspects of scientific construction of meanings used by teachers in a physics class. The results show the contribution of the 'do' teaching to the knowledge that is being built.

Key words: Discourse analysis, teaching physics, rhetoric, argumentation.

Recibido: 20/03/2009 ~ Aceptado: 25/04/2009

* Ingeniero Industrial. Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería. Departamento de Física. Venezuela. tfagunde@uc.edu.ve

** Licenciada en Física. Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales Universitat de Barcelona, Facultat de Formació del Professorat. España. marina.castells@ub.edu

INTRODUCCIÓN

El ingeniero es un profesional que por su formación en términos del conocimiento y uso de las ciencias matemáticas, físicas, disciplinas específicas y de la ingeniería, 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 funciones esenciales en dos aspectos, conceptual y formativo: promueve el aprendizaje de conocimientos básicos fundamentales para el estudio de las ciencias de la ingeniería y 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 y en la que además de aprender física, los alumnos aprenden a manejar un conjunto de habilidades cognitivo-lingüísticas además de aprender también a pensar en forma abstracta, con conceptos científicos y en base a modelos científicos.

A partir de investigaciones desarrolladas en el campo de la formación del profesorado, se ha intentado conocer qué conocen los profesores, cómo llegan a conocerlo y cómo mejorar ese conocimiento. Dentro de 'ese' conocimiento en el que se organizan los 'saberes' del profesor, llamado 'Conocimiento Base' para la Enseñanza (Shulman, 1986, 1987; Wilson, Shulman & Richert, 1987), se encuentra el 'conocimiento didáctico del contenido', el cual tiene que ver con las formas 'cómo' los profesores transforman sus conocimientos disciplinares en formas didácticamente enseñables a los alumnos. Una fuente del 'conocimiento didáctico del contenido' de los profesores es su 'hacer' en el aula de clases. Y parte importante de este 'hacer' son las explicaciones que éstos desarrollan durante las clases. Por tal razón, desarrollamos una investigación con el fin de indagar la actuación de profesores experimentados de física de nivel universitario a partir del estudio y caracterización de sus explicaciones.

Para nuestro acercamiento al estudio de las explicaciones partimos de la consideración de la enseñanza de la física como un proceso socialmente compartido por los miembros participantes y que incluye la reelaboración de unos significados científicos que han de resultar convincentes a la comunidad. En este contexto, la explicación del profesor, une en actos de comunicación el lenguaje oral y escrito, además de diversos recursos como gestos, movimientos corporales, expresiones faciales, ecuaciones matemáticas, imágenes, gráficos, dibujos, las tablas y la elaboración de demostraciones (Kress, Ogborn, Jewitt & Tsatsarelis, 2000), 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. De igual forma, 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; es decir, de orientar las interpretaciones de éstos en un sentido dado y de procurar que se adhieran en base a ‘razonamientos’, a conocimientos científicamente aceptados.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general: Caracterizar las explicaciones elaboradas en clases universitarias por profesores experimentados de física en el contexto de una facultad de ingeniería desde una perspectiva ‘retórico-argumentativa’.

Objetivos específicos

- Elaborar un marco analítico para caracterizar las explicaciones en clases universitarias de física tomando como base la Teoría de la argumentación de Perelman & Olbrechts-Tyteca,.
- Identificar los elementos argumentativos característicos de las explicaciones sobre tópicos de la Mecánica (física) desarrolladas por profesores experimentados de nivel universitario.

- Identificar los elementos retóricos que pueden ser encontrados en el discurso de los profesores para convencer a los estudiantes.

MARCO TEÓRICO

Consideramos que cada clase constituye un discurso único, construido por un docente que, según diversos aspectos, como la relación establecida con el grupo, concepción de enseñanza y la experiencia; utiliza diferentes estrategias o recursos orientados a incrementar o dar credibilidad a su discurso, todas con orientación retórico-argumentativa.

La perspectiva teórica que orienta la construcción del marco analítico

Debido a nuestro interés por analizar las explicaciones desde una perspectiva retórico-argumentativa, seleccionamos como referente básico para el desarrollo del marco analítico desde este punto de vista el ‘Tratado de la Argumentación. La Nueva Retórica’ de Perelman & Olbrechts-Tyteca (1989). La Teoría de la Argumentación permite estudiar de forma detallada los elementos referenciales que el orador pone en juego en su discurso. Considera a la totalidad del discurso, y toma en cuenta aspectos que tienen que ver con el poder de convencimiento (aspecto retórico), y otros más relacionados con el razonamiento (aspecto argumentativo). En tal sentido, la Teoría de la argumentación puede ser útil para estudiar las argumentaciones que subyacen en las explicaciones elaboradas por los profesores, así como la potencialidad de éstas para convencer a los alumnos.

En la Teoría de la Argumentación, el auditorio juega un rol importante en la elaboración de las argumentaciones del orador y se analiza la manera como éste puede conseguir la adhesión de un auditorio a su tesis otorgando especial importancia al mismo. En las clases, la audiencia son los estudiantes y la consideración de estos cuando los profesores elaboran sus explicaciones, es fundamental para la construcción de significados. Por otra parte, la obra considera aspectos que tienen que ver con la necesidad de adaptar el discurso a las necesidades e intereses de los oyentes, ya que, si pretenden ser comprendidos y generar el interés y la adhesión de los

mismos, han de tener en cuenta sus puntos de vista, sus conocimientos y sus expectativas. Es decir, tal como recomiendan *Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989:61-64)*, han de basar su discurso en el acuerdo con la audiencia.

Finalmente, y tomando en cuenta la naturaleza de las clases de física y la imposibilidad de construir conocimientos científicos en función de un único modo comunicativo, incorporamos los aportes de la investigación sobre la multimodalidad en la enseñanza de las ciencias (Lemke,1999,1998,1997), y en diferentes contextos educativos (Jewitt, Kress, Ogborn, Tsatsarelis, 2001; Kress, Ogborn, Jewitt y Tsatsarelis, 2000; y Kress, Ogborn y Martins, 1998), al referente aportado por Perelman.

La Teoría de la Argumentación de Perelman y Olbrechts-Tyteca

Se denomina ‘Teoría de la Argumentación’ al estudio de las estructuras formales en el argumentar como proceso comunicacional. Existe argumentación cada vez que un agente pretende modificar el estado de opinión de alguien respecto a alguna conclusión o tesis, utilizando unos argumentos en un contexto determinado. Perelman y Olbrechts-Tyteca, con su obra, se proponen retornar la retórica a los parámetros fijados por Aristóteles y reiniciar el trabajo de entenderla como una teoría de la argumentación y no como el arte de la ornamentación. Según Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989), el estudio del discurso involucra, no solo el análisis sobre las propiedades esenciales del *Comunicar*, sino todas aquellas formulaciones verbales en función de las que se trata el asentimiento del otro. Desde la visión de Perelman, diferentes opiniones; cada una con sus respectivos fundamentos válidos y plenamente discutibles, existentes se validan en función de las pruebas (dialécticas) que se aporten. Plantea el proceso de construcción de argumentaciones desde el punto de vista del orador y propone que aún partiendo de algunos presupuestos estables, es posible llegar a conclusiones muy diferentes si ésta vienen avaladas y justificadas por argumentos válidos; validez ésta que varía “según las creencias y la experiencia de cada auditorio”.

La estructura básica de todo argumento, según Perelman, consta de tres elementos:

Los acuerdos generales o premisas. Representan el punto de partida de las argumentaciones objeto de creencia o adhesión. Representan las proposiciones que el orador considera que son indiscutibles por parte del auditorio, y que se originan en el consenso entre emisor y auditorio sobre el estado actual de la realidad que queda representada en el discurso sobre el estado deseable de la misma realidad. Son los puntos comunes compartidos por los protagonistas de la comunicación. Según es el grado de aceptación que provocan en el auditorio, Perelman distingue dos tipos de premisas o acuerdos; uno basado en aquellos acuerdos que todo el mundo considera como *real*; éstos tienen una aceptación mayor por parte del auditorio; y otro grupo basado en acuerdos que el auditorio considera como *preferibles*.

Los acuerdos basados en lo real se dividen, a su vez, en tres grupos:

1. *Hechos*, acuerdos controvertidos aceptados por todos sin discusión alguna, constituyen la base más fundamentada para la argumentación.
2. *Verdades*, consideradas por Perelman como sistemas más complejos que ponen en relación “un determinado número de conocimientos”, Capdevila A., (2002).
3. *Presunciones*, los acuerdos más débiles; y que para la adhesión a las mismas necesitan ser reforzadas por elementos externos.

Por otra parte, los acuerdos basados en las preferencias logran la adhesión de auditorios particulares; pueden ser de tres tipos: *valores* (opiniones consensuadas y generalizadas; y que intervienen en un momento dado en las argumentaciones), *jerarquías* (que permiten ordenar los valores, sin impedir la relativa independencia de los mismos), y *lugares de la argumentación* (premisas de carácter muy general que fundamentan los valores y las jerarquías). En la figura siguiente se resumen los aspectos mencionados antes:

Figura 1: Las premisas de la argumentación.



“Es indispensable atraer la atención sobre el papel de la selección previa de los elementos que servirán como puntos de partida a la argumentación y de adaptación a los objetivos de la misma” (Perelman & Olbrechts 1989), porque la calidad de la misma dependerá de estos acuerdos, así como de la presentación de los mismos al auditorio. Desempeña, también, un papel importante, el conocimiento que tiene el orador del auditorio al cual pretende persuadir; entre otros aspectos, ya que garantiza su adaptación al mismo. La adaptación del orador al auditorio representa uno de los pilares básicos de la Teoría de la argumentación. En el caso que nos compete, se trata de un auditorio concreto, heterogéneo, (un salón de clases), en el sentido de que sus miembros comparten una serie de conocimientos en relación a la física; pero diferenciados a su vez por sus experiencias individuales, el nivel de conocimiento que poseen, carácter, relaciones entre ellos, etc.. Otros aspectos importantes de la teoría de Perelman son los que relacionan la elección de los datos con su adaptación a la argumentación, aquí introduce el concepto de Presencia que se ve muy importante en su visión. Y también es de interés el aspecto de presentación de los datos y su relación con la forma del discurso, aspecto que es esencialmente retórico.

Las técnicas argumentativas.- Involucra los procedimientos de enlace, que unen elementos distintos y permiten el establecimiento de una solidaridad entre ellos que pretende estructurarlos o valorarlos; y los de disociación, cuyo objetivo es separar elementos considerados componentes de una totalidad en un determinado sistema de pensamiento. Constituyen

las dos técnicas argumentativas básicas, conectan los acuerdos iniciales con las conclusiones a las que transfieren validez. Entre las estructuras de enlace están:

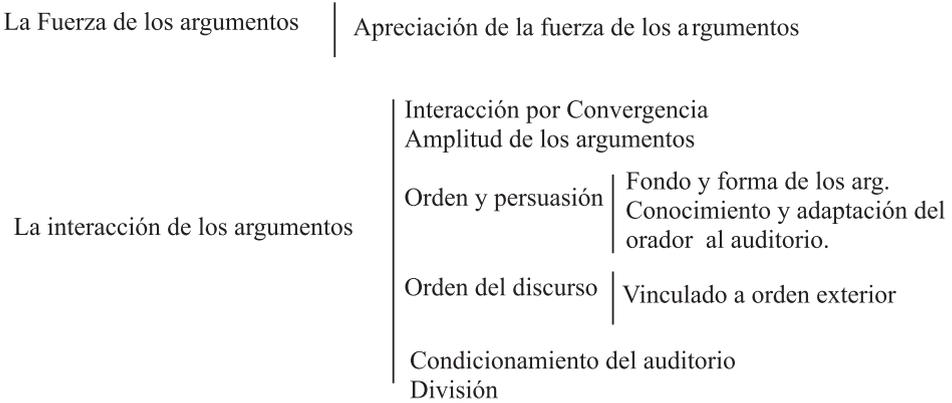
Figura 2: Recursos o Técnicas argumentativas.

Argumentos Cuasi lógicos	Lógicos	Contradicción e Incompatibilidad Identidad total o parcial y definición De Reciprocidad De Transitividad		
	Matemáticos	Relaciones del todo con las partes Relaciones de orden Relaciones de variabilidad		
Argumentos Basados en la Estructura de lo Real		Aplicados a enlaces de Sucesión Aplicados a enlaces de Coexistencia		
Argumentos que Fundamentan la Estructura de lo Real		<table style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;"> Por el caso particular Por la analogía </td> <td style="padding-left: 5px;"> El ejemplo La ilustración El modelo </td> </tr> </table>	Por el caso particular Por la analogía	El ejemplo La ilustración El modelo
Por el caso particular Por la analogía	El ejemplo La ilustración El modelo			

En el caso de los argumentos aplicados a enlaces de coexistencia, nos parece interesante la clasificación presentada por Cros (2003) respecto a los argumentos de autoridad en la que diferencia tres tipos: citación de autoridad, autoridad polifónica y referencia a la propia autoridad.

Interacción y fuerza de los argumentos- Finalmente la obra de Perelman, involucra un aparte destinado al estudio y análisis de aspectos relacionados con los argumentos; pero desde otra perspectiva, desde la que considera cada uno de los elementos del discurso, que en algún momento se aíslan para su estudio, como un todo, en constante interacción. Las condiciones de interacción, en gran parte, son las que condicionan la elección de los argumentos, la amplitud y el orden de la argumentación:

Figura 3: La interacción de los argumentos.



Todos los aspectos involucrados en las fases mencionadas, aporta un instrumental teórico y metodológico que permite la caracterización de los discursos docentes en clases de ciencias.

En el libro de Perelman y Oibrechts (1989) encontramos a faltar la incorporación de descriptores específicos para analizar y caracterizar los aspectos multimodales de las explicaciones presentes en las clases de ciencias, a pesar que se comenta repetidamente sobre la multimodalidad del discurso del docente. Por lo tanto, y teniendo en cuenta la naturaleza de las clases de física y la imposibilidad de construir conocimientos científicos en función de un único modo comunicativo, incorporamos aportes de la investigación sobre la multimodalidad en la enseñanza de las ciencias (Lemke, 2002, 1999, 1998, 1997; Jewitt, Kress, Ogborn, Tsatsarelis, 2001; Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis, 2000; Kress, Ogborn y Martins, 1998).

Diseño metodológico

La experiencia se desarrolla en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Venezuela; y se centra en el análisis de las explicaciones de profesores que imparten la asignatura Física (mecánica); en el marco de un semestre regular, con matrículas entre 60 a 90 alumnos

por grupo. En dicho escenario, se encuentra que los profesores, en términos generales, desarrollan su actividad en el aula bajo el formato de una clase magistral.

La metodología de la investigación: En base a una serie de cuestiones onto-epistémicas seleccionamos una *aproximación metodológica cualitativa* y como método específico optamos por un estudio *instrumental colectivo de casos* (Stake, 1998). El estudio que se desarrolla es *descriptivo e interpretativo*, en la medida que aportó información sobre los casos y permitió su descripción densa y en detalle, así como interpretaciones en base a categorías (inductivas y deductivas) que las sustentan. **Los participantes en el estudio:** Son tres profesoras experimentadas de física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Venezuela. Los datos son fundamentalmente relatos de episodios de clases recogidos a partir de grabaciones en video y notas de campo de una de las investigadoras que ha actuado como observadora no participante. Las grabaciones se han transcrito en una plantilla que recoge tanto la parte verbal como la parte multimodal. Las explicaciones de las profesoras se han dividido en episodios en base a ser una unidad de contenido que tiene significado en sí mismo.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este apartado, y por cuestiones de espacio, presentamos sólo los resultados que tienen que ver con la presentación y la forma del discurso; y específicamente con las diferentes técnicas para justificar y/o argumentar a favor de los conocimientos presentados, así como los diferentes modos comunicativos que confluyen en el discurso, conjuntamente con la ilustración de diferentes fragmentos explicativos.

En relación a la elección de presentación de las explicaciones hemos encontrado que la elección de las tres profesoras acerca de cómo presentar sus explicaciones tienen que ver con dos aspectos: la forma de elaborar las explicaciones y la organización de la explicación.

Según la elaboración de sus explicaciones encontramos esencialmente la elaboración de explicaciones mediante la presentación

de las entidades en una forma que parezcan ‘reales’ (o lo mas reales posible), y cotidianas, y por tanto cercanas a los alumnos, y la elaboración de explicaciones mediante la introducción de las nociones a través de expresiones matemáticas. Una muestra de lo comentado antes lo constituye la forma cómo las profesoras Ana y Aída llevan a cabo la construcción de la entidad energía potencial. Aída en el episodio que mostramos en la Tabla 1, selecciona el camino deductivo apoyado en una ecuación matemática que, en lenguaje vectorial, expresa a la fuerza conservativa como una función del gradiente de la energía potencial.

Tabla 1: Elaboración de la explicación.

Lenguaje Oral	Lenguaje Escrito y Visual	Gestualidad
<p>Profesora: ...si F es una fuerza conservativa, [Escribe el símbolo de la fuerza F en el pizarrón: E1] (existe una función escalar tal que dicha fuerza F [G1], es igual a menos el gradiente de u [Escribe E1], y donde u es la energía asociada a cada tipo de la fuerza conservativa), y donde la energía potencial es una función de la configuración del sistema [Escribe E2]</p> <p>...entendemos el gradiente [Escribe E3]...como una función en términos de las derivadas parciales de U respecto a equis, ye y zeta, asociadas cada una a los vectores unitarios en esas direcciones. Es decir el gradiente de u determina la variación direccional de la función medida que cambian las variables...</p> <p>...el trabajo realizado por una fuerza (conservativa) es igual a la integral del producto escalar de la fuerza conservativa... y el desplazamiento que experimenta el cuerpo...[Escribe E4]. ...podemos expresar el trabajo realizado por la fuerza conservativa como.... [Escribe E5]....el gradiente de u se expresa como una función...de las derivadas parciales de u respecto de equis, ye y zeta [G2], por tanto podemos escribir el trabajo realizado por la fuerza conservativa como [Escribe E6]...</p>	<p>[E1] $\vec{F}_c = -\nabla U$</p> <p>[E2] $U = f(x,y,z)$</p> <p>[E3]</p> $\nabla U = \left(\frac{\partial U}{\partial X}\hat{i} + \frac{\partial U}{\partial Y}\hat{j} + \frac{\partial U}{\partial Z}\hat{k}\right)$ <p>[E4] [E5]</p> $W_c = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_A^B -\nabla U \cdot d\vec{r} =$ <p>[E6] [E7]</p> $W_c = \int_A^B \left(-\frac{\partial U}{\partial X}\hat{i} + \frac{\partial U}{\partial Y}\hat{j} + \frac{\partial U}{\partial Z}\hat{k}\right) \cdot (d\hat{x} + d\hat{y} + d\hat{z})$ <p>[E8]</p> $W_c = \int_A^B \left(-\frac{\partial U}{\partial X}dx + \frac{\partial U}{\partial Y}dy + \frac{\partial U}{\partial Z}dz\right) = \int_A^B -du$ <p>[E9] $W_c = -(U_B - U_A) = -\Delta U$</p>	<p>[G1] Señala al vector F escrito antes con el dedo índice.</p> <p>[G2] Señala a con dedo índice a expresión [E3].</p> <p>[G3] Señala con dedo índice a expresión [E6], [E7].</p>

La profesora elige que su grupo clase construya tal conocimiento, en base a una explicación que tiene como eje central el desarrollo matemático de una ecuación primaria, que involucra, además de la entidad física ‘fuerza conservativa’, entidades matemáticas como las derivadas parciales y totales, vectores unitarios y signos algebraicos (signo ‘menos’). Este ejemplo también nos muestra la multimodalidad en la explicación. Efectivamente, se habla, se escribe en la pizarra y se hacen gestos. Por su parte, Ana en el episodio *An-TE-01* (Tabla 2) desarrolla una explicación en la que el razonamiento abstracto y la visión espacial representan factores importantes para la elaboración de tal significado.

Tabla 2: Fragmento de episodio. Elección de la presentación.

Profesora: ...La variable de energía por movimiento me da energía cinética, me da energía por movimiento. Vamos de nuevo al caso de la bola de bowling. Otra vez, la tengo aquí [*G1*] en reposo, no está en movimiento y aparentemente no tiene asociada ningún tipo de energía. Cuando la suelto, claro, comienza a moverse y desarrolla una velocidad que le va produciendo energía cinética y cuando llega al piso tiene una cierta energía cinética. Cuando la dejo caer desde aquí [*G2*] todos coincidimos en que duele más el golpe porque trae más velocidad. ¿por qué?
Alumnos: Por la velocidad
Profesora: Porque trae más velocidad. ¿Y por qué trae más velocidad?
Alumnos: Por la altura
Profesora: Ah porque la deje caer de una altura mayor ¿cierto?
Alumnos: Si
Profesora: Quiere decir que su posición inicial tiene algo que ver con la energía cinética que se va a producir. En la medida en que yo la levante más, en que yo la deje caer desde una posición (**más alta**), me empiezo a dar cuenta que la velocidad al llegar al piso va a ser mayor; quiere decir que se produce una energía cinética mayor. ¿Cierto o falso? Alumnos: cierto
Profesora: Y esto ¿cómo es posible?
Alumnos: (sin respuesta)
Profesora: [] Desde el punto de vista de la energía, esta energía cinética del cuerpo (**de dónde salió, de dónde provino**)? [*Mira al grupo*]
Alumnos: (sin respuestas)
Profesora: [] En los campos, en el campo gravitatorio, en los campos eléctricos, en los campos magnéticos (**siempre**) la configuración del sistema y la posición de la partícula dentro de ese sistema me va a producir una energía que a veces no se ve; a veces está almacenada pero no se ve. Esa energía se llama - por eso se llama - (**energía potencial**).
Es una energía almacenada, que potencialmente puede aparecer en cualquier momento, ¿cuando?, cuando yo deje esa partícula en libertad para que el campo la mueva hacia donde el campo la quiera mover. Hablamos de campos como áureas, como regiones, como una propiedad alrededor de otra determinada propiedad que se genera, que es algo así como un espacio especial.

A diferencia de Aída, Ana la presenta como una entidad mas abstracta pero a la vez más cercana, al definirla como: “*Ese deseo, esa intención que tiene una partícula cualquiera dentro del campo gravitatorio de moverse hacia el centro de la Tierra...*”. Son dos formas muy diferentes de elección acerca de cómo presentar ‘qué es’ la energía potencial, y por tanto, de construir la misma entidad. Una forma resulta más ‘real’, y más cotidiana para los alumnos, la otra, en base a la noción de ‘función’, es netamente matemática, puede no ser tan clara para los alumnos, y por tanto, difícil de relacionar con la realidad, lo cotidiano o la naturaleza.

En relación a las técnicas argumentativas, la presentación de los datos involucra la utilización de ciertas técnicas argumentativas destinadas a contribuir a la aceptación o asentimiento de los mismos como resultado de un proceso de razonamiento ‘plausible’ (‘convencer’). La naturaleza del auditorio, y el conocimiento que acerca de este tengan las profesoras; así como el desarrollo de la lección en si misma, guían la selección de uno u otro argumento. Las principales clases de argumentos o esquemas argumentativos que dan forma al discurso de las profesoras según la Teoría de la Argumentación son:

1. Argumentos que fundamentan la estructura de la realidad, particularmente argumentos por el ejemplo, por la ilustración y por la analogía. En el episodio *Ai-RP-022*, Aída elabora una explicación con la que intenta la construcción de significados relacionados con el movimiento de ‘rotación pura’, utilizando como eje de su explicación, una ilustración basada en el ‘movimiento de un CD’. La tabla 3 y figura 4 muestran un fragmento del episodio y el argumento respectivamente:

Tabla 3: Fragmento del episodio Ai-RP-022. Las técnicas argumentativas.

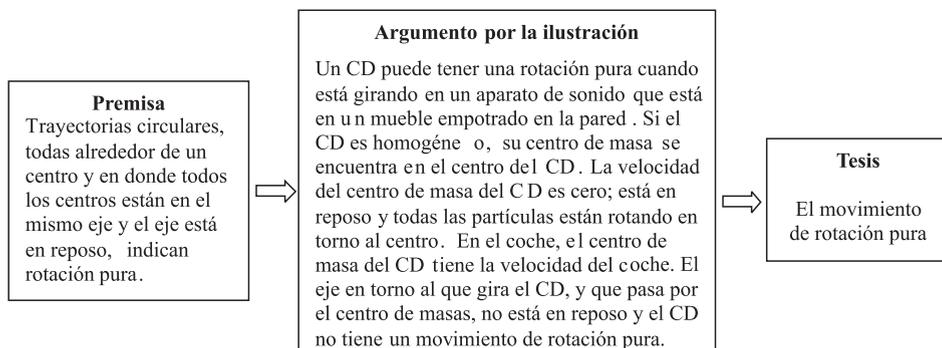
Profesora: ... Cuando empezamos a describir trayectorias circulares, todas alrededor de un centro y en donde todos los centros están en el mismo eje y el eje está en reposo, estamos en rotación (**pura**)... (**Un CD**), un CD puede tener una rotación pura; (**puede**); tengo un aparato de sonido en mi casa..., está en un mueble empotrado en la pared y pongo mi música y el CD está girando. Si la masa del CD es homogénea, el centro de masa del CD se encuentra [¿?] en el centro del CD. ¿ese centro de masa qué velocidad tiene? []

Alumnos: Cero, constante

Profesora: La velocidad del centro de masa del CD metido en la pared es cero; está en reposo; todas las partículas están rotando en torno al centro [*Mueve las manos en círculos*] y el centro está en reposo;... ¿Puedo tener un movimiento de un CD que no sea de rotación pura?. Alumnos: Si, el CD del coche

Profesora: En el coche, el CD, o el centro de masa del CD no está en reposo, tiene la velocidad del coche. Por tanto el eje en torno al que gira el CD, y que pasa por el centro de masas, no está en reposo y por tanto ahora el CD no tiene un movimiento de rotación pura...

Figura 4: Argumento en el fragmento del episodio Ai-RP-022.

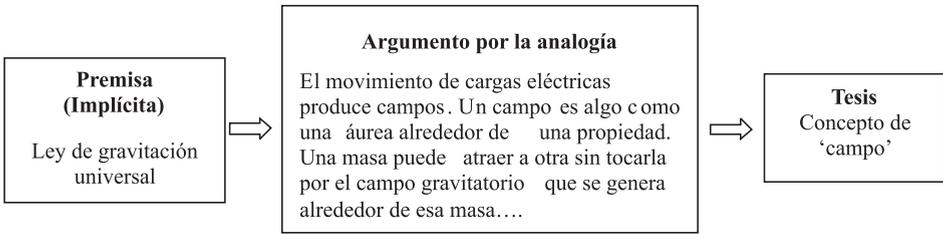


En el argumento la profesora incluye una ‘**ilustración**’ que muestra el movimiento de un objeto real, un CD, que describe un movimiento de rotación pura. También incorpora dos ‘ilustraciones’ que muestran a los alumnos dos situaciones: el movimiento de la Tierra y el del mismo CD pero ahora en un carro en movimiento. En este caso, se presenta a los alumnos situaciones cotidianas en las que un objeto conocido experimenta un movimiento definido por la ciencia, y que contribuye a acercarla a ellos. Un ejemplo del uso del **argumento por la analogía** lo encontramos en un fragmento del episodio *An-TE-014*. En este el objetivo de la profesora es la elaboración de la entidad ‘campo’. En el mismo observamos la elección de la profesora de hacerlo a través del planteamiento de una ‘analogía’ entre una entidad científica ‘campo’ y una entidad de otro ámbito fuera de la física: ‘el aura’ (tabla 4).

Tabla 4: Fragmento del episodio An-TE-014. Técnicas argumentativas.

Profesora:Vamos a hablar un poquito acerca del campo gravitatorio. Me gustaría que aprovechemos este tema para hablar de lo que significa un campo. ¿Qué es un campo?
Alumno 1: Un espacio
Alumno 2: Un espacio alrededor de algo
Profesora: [La profesora hace gesto facial de inconformidad: G1] [] Un campo [] una propiedad cualquiera, la masa, las cargas eléctricas [] el movimiento de cargas eléctricas producen campos. Tenemos entendido que un campo o lo visualizamos así -y eso es - es algo así como un Áurea [La profesora hace movimiento con la mano izquierda para ilustrar la idea de Áurea] alrededor de esa propiedad. Nosotros hablamos -cuando vimos la ley de gravitación universal - que las masas tienen la propiedad de atraerse, pero una masa para atraer a otra no necesita tocarla. ¿Cómo puede entonces una masa atraer a otra sin tocarla; simplemente estando a distancia? (**Por el campo gravitatorio**) que se genera alrededor de esa masa...

Figura 5: Argumento en el fragmento del episodio An-TE-014.

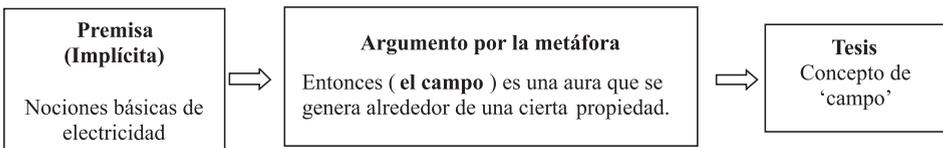


Observamos también, que la profesora decide incorporar la analogía, después de intentar que el grupo clase aportara sus ideas respecto a la entidad que se desea elaborar. En otro fragmento explicativo observamos a la profesora Ana incorporando una ‘**metáfora**’ en su explicación sobre la entidad ‘campo’. La tabla 5 y figura 6 muestran, respectivamente, un fragmento del episodio *An-TE-014* y el argumento basado en la ‘metáfora’ usado por la profesora para la construcción de la entidad ‘campo’:

Tabla 5: Fragmento del episodio An-TE-014.

<p>Por ejemplo una carga eléctrica. Si tenemos una carga negativa aquí y otra carga negativa aquí [Señala dos puntos en el espacio, a la altura de su cabeza, con ambas manos]- y eso es - algo que ustedes van a ver en Física II pero que estoy segura que vieron en quinto año de bachillerato - Dos cargas negativas ¿se repelen o se atraen?</p> <p><i>Alumnos:</i> se repelen</p> <p><i>Profesora:</i> Se repelen. Y se repelen a una distancia porque alrededor de cada una de ellas se genera un campo. Eso es lo que llamamos (campo eléctrico) []. Entonces (el campo) es una aura que se genera alrededor de una cierta propiedad. ...</p>
--

Figura 6: Argumento en el fragmento del episodio An-TE-014.



2. Argumentos basados en la estructura de la realidad: En este caso, encontramos argumentos de tipo causa-efecto (enlaces de sucesión), argumentos de autoridad y argumentos de doble jerarquía aplicados a enlaces de coexistencia que aportan idea de proporcionalidad directa. Entre los argumentos basados en la ‘citación de autoridad’ encontrados diferenciamos, de acuerdo con Cros (2003:85-90), los:

2.1. *Argumentos de autoridad con mención explícita de la voz ‘autorizada’:* En este tipo, la autoridad puede ser: a. una autoridad científica reconocida por ejemplo Newton, Aristóteles, Galileo. b. una autoridad ‘académica’, representada por las voces del conjunto de profesores que dictan la asignatura. En este tipo de citación de autoridad, las profesoras para añadir sus propias voces a la del colectivo de profesores usan la forma plural ‘nosotros’.

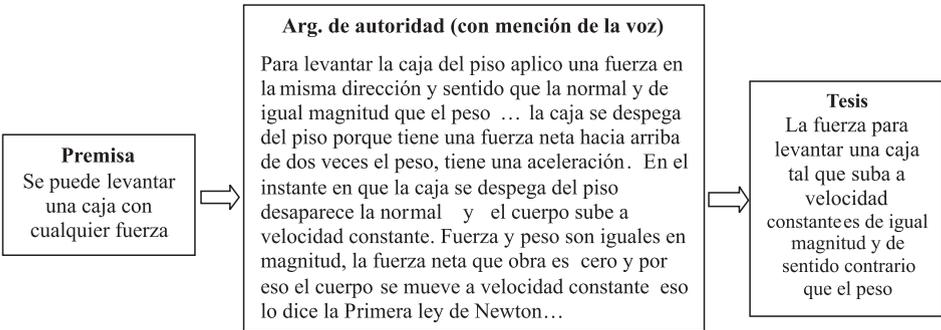
2.2. *Argumentos de autoridad sin mención explícita de la voz, y que aparece con frecuencia mediante afirmaciones concretas acerca de cuestiones discutidas en un momento de la lección, y aunque no se menciona de forma explícita la autoridad, interpretamos que las ‘voces’ provienen de los científicos, quienes demostraron científicamente ‘eso’ que se afirma.*

En un fragmento del episodio *An-TE-0111*, apreciamos la incorporación de un ‘argumento de autoridad con mención explícita de la voz’ (tabla 6, figura 7):

Tabla 6: Fragmento del episodio An-TE-0111.

Profesora: Bueno, [] yo puedo levantar la caja con cualquier fuerza, la que yo quiera ¿okey? (**Pero**) en este caso estoy fijando una condición que es levantar la caja con una fuerza tal que -una vez que se despegue del piso- suba a velocidad constante. ¿Okey?. En este caso, mi fuerza debe ser mínimo [¿?]
Alumnos: (no hay respuestas)
Profesora: [*Mira al grupo*] debe ser igual al peso, ¿están de acuerdo con eso? []
Alumnos: (no hay respuestas)
Profesora: Por qué debe ser igual al peso? [*Mira al grupo*]. Alumnos: (no hay respuestas)
Profesora: ¿Qué fuerzas obran sobre la caja cuando está en el piso? Alumnos: Normal y peso
Profesora: Muy bien, en ese caso la caja no se mueve porque la normal es igual al peso. Para levantar la caja del piso aplico una fuerza en la misma dirección y sentido que la normal y de igual magnitud que el peso, de tal manera que la caja se despegue del piso porque tiene una fuerza neta hacia arriba de dos veces el peso, tiene una aceleración, ¿me siguen? [*Mira al grupo*] Alumnos: Síiiii
Profesora: Okey, en el instante en que la caja se despegue del piso, (**desaparece la normal y por tanto el cuerpo sube a velocidad constante**), porque si hacemos un diagrama de cuerpo libre veremos que sobre la caja obran el peso y mi fuerza y como el peso y mi fuerza son iguales en magnitud, la fuerza neta que obra es [¿?]
Alumnos: Cero
Profesora: Correcto, es cero y por eso el cuerpo se mueve a velocidad constante (**eso lo dice la Primera ley de Newton**) ¿sí o no?..

Figura 7: Argumento en el fragmento del episodio An-TE-0111.



Encontramos también episodios donde las ‘autoridades’ citadas no corresponden, a científicos, autoridad alguna o una institución en concreto.

En los episodios *Li-TE-041* y *Ai-CT-011*, la autoridad citada se identifica con una autoridad académica; con la voz del colectivo de profesores que dictan la asignatura física (en el contexto del estudio, llamada Física I). En el episodio *Li-TE-041*, encontramos al inicio, el planteamiento siguiente:

Tabla 7: Fragmento del episodio Li-TE-041.

Profesora: ...Entonces, la fuerza no conservativa es aquella que no permite que se almacene la energía. En Física I la fuerza no conservativa con la que vamos a trabajar es la Fuerza de roce. La fuerza de roce será entonces la fuerza que producirá desgaste de energía, siempre produce desgaste de energía.

3. Argumentos cuasilógicos: A partir del análisis de diferentes episodios encontramos que los argumentos cuasilógicos usados en las clases de física se basan en el uso de contradicciones y la definición como referencia para la elaboración del argumento. En un fragmento del episodio *An-TE-018* (tabla 8) la profesora se dedica a la elaboración de un aspecto del tópico ‘potencia mecánica’, que tiene que ver con la relación entre ésta y la velocidad de los cuerpos. En el mismo ‘retoma’ un **argumento por**

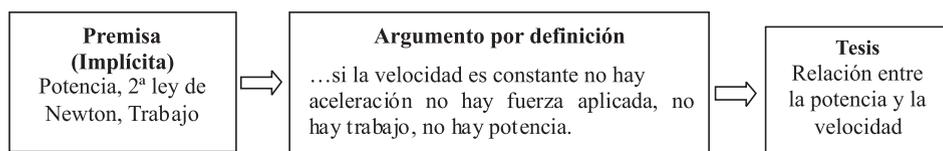
definición explicitado por un alumno y que justifica su afirmación acerca de la falsedad del enunciado inicial de la profesora.

Tabla 8: Argumento en el fragmento del episodio An-TE-0111.

Profesora: Yo puedo afirmar que el coche que va más rápido desarrolla mayor potencia ¿si o no? [].
Alumnos: Cierto
Profesora: Cierto. ¿Todos estamos de acuerdo? [<i>Mira al grupo</i>]
Alumnos: Siiii
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.

En la última parte del fragmento, la profesora se apropia del argumento y lo presenta nuevamente, incorporándole otros aspectos que le complementan. La figura 8 muestra una esquematización del argumento:

Figura 9: Argumento en el fragmento del episodio An-TE-018.



Interpretamos la frase ‘no hay trabajo, no hay potencia’ como un **argumento por la definición**; porque se hace mediante el establecimiento de las relaciones conceptuales ‘tácitas’ siguientes:

1. Velocidad constante, según definición de aceleración ($\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$) \Rightarrow aceleración igual a cero
2. Aceleración cero, según la Segunda ley de Newton ($\vec{F} = m\vec{a}$) \Rightarrow fuerza igual a cero;
3. Fuerza cero, según la definición de trabajo mecánico ($W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r}$) \Rightarrow trabajo igual a cero
4. Y trabajo igual a cero según la definición de potencia mecánica ($P = \frac{\delta W}{dt}$) \Rightarrow potencia cero.

También en el episodio *Ai-TE-015* encontramos que la profesora incorpora un argumento por definición en el fragmento donde explica aspectos sobre el trabajo realizado por el peso para el caso de un cuerpo,

que bajo la acción de una fuerza, sube una altura h . El argumento, en este caso, se apoya en la definición de la entidad Trabajo Mecánico, (tabla 9 y figura 9)

Tabla 9: Argumento en el fragmento del episodio Ai-TE-015.

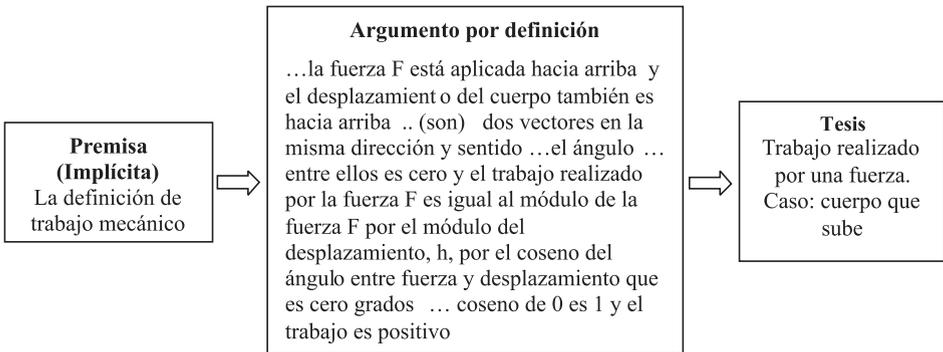
Profesora: Entonces si hizo trabajo. Hizo trabajo en contra de F . Claro si el peso no hace trabajo, para F es más fácil producir ese desplazamiento. ¿Cuál es el trabajo hecho por el peso?..... ¿y cómo es el trabajo de F ?

Alumnos: Positivo

Alumno 5: Profesora, podría explicar lo del trabajo de la fuerza F , ¿por qué es positivo? No entendí

Profesora: Porque la fuerza F está aplicada hacia arriba y el desplazamiento del cuerpo también es hacia arriba tengo dos vectores en la misma dirección y sentido por tanto el ángulo que hay entre ellos es cero y el trabajo realizado por la fuerza F es igual al módulo de la fuerza F por el módulo del desplazamiento, h , por el coseno del ángulo entre fuerza y desplazamiento que es cero grados [Escribe todo esto en pizarra: $E1$], coseno de 0 es 1 y el trabajo es positivo e igual a F por h (**positivo**). ¿Quedó claro? Okey.....

Figura 9: Argumento en el fragmento del episodio Ai-TE-015.



Encontramos también, argumentos que si bien pudieran verse como desarrollos formales, los **consideramos ‘argumentos’** ya que durante los desarrollos mismos se hacen ‘construcciones argumentativas’ en base a ciertas entidades científicas, que en conjunto justifican el conocimiento científico que se desea hacer creíble a los alumnos. Un ejemplo de esto lo vemos en el fragmento explicativo siguiente y destinado al estudio del ‘Teorema del trabajo y la energía cinética’. En la tabla 10 se puede observar un fragmento del episodio *An-TE-017* en el que se usa un argumento por la definición y en base a un desarrollo formal:

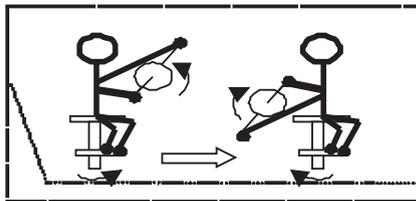
Tabla 10: Episodio An-TE-017. Argumento por la definición.

<p>Cuando decimos, es que no me podía ni levantar, es que no tenía fuerzas para levantarme, es que no tenía (energía) para levantarme, estamos hablando exactamente del concepto de energía; porque la energía es eso la capacidad para realizar trabajo. Si no me puedo levantar, si no puedo hacer nada, no puedo producir desplazamiento, es que no puedo hacer trabajo. Entonces cuando no se puede trabajar es porque no se tiene energía..... Okey. Partimos de lo siguiente. Una partícula que bajo la acción de una (fuerza total o resultante) describe un desplazamiento entre los puntos A y B de una trayectoria [Hace dibujo en pizarrón: D1]. El trabajo realizado por esta fuerza total es igual a [Escribe en pizarrón: $W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r}$], donde F es la fuerza resultante o total que obra sobre la partícula. [Mira al grupo]; pero, por segunda Ley de Newton, la fuerza total que obra sobre una partícula es igual al producto de la masa por la aceleración de la partícula, por lo que podemos expresar el trabajo de la fuerza resultante de esta forma [Escribe en pizarrón: $W = \int_A^B m \cdot \vec{a} \cdot d\vec{r}$], y a la vez la aceleración se puede expresar en términos de cómo cambia la velocidad con el tiempo [Escribe en pizarrón]</p> <p>$W = \int_A^B m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot d\vec{r}$. De la expresión [señala ésta última, observamos que el cambio de r respecto de t define qué variable? Alumnos: la velocidad</p> <p>Profesora: (La velocidad) por tanto la expresión puedo escribirla de esta forma, como la integral de. Eme por v por de v. [Escribe a medida que comenta esto último $W = \int_A^B m \cdot \vec{v} \cdot d\vec{v}$]. Y resolviendo la integral, sabiendo que m es constante, nos queda [E6: Escribe en pizarrón: $W = \frac{1}{2} m (v_B^2 - v_A^2)$ y $W = \frac{1}{2} m (v_B^2 - v_A^2)$] donde el término $\frac{1}{2}$ de m por v cuadrado se denomina (energía cinética y la representamos con la letra k)...nos queda [Escribe en pizarrón: $W = K_B - K_A$].... Si el trabajo realizado es para llevar la partícula de un punto a hasta un punto b, pues entonces el cambio de la energía cinética experimentado por la partícula para ir de a hasta b, final menos la inicial, me da exactamente el trabajo.</p>

La demostración y su carácter argumentativo: En algunos episodios encontramos a las profesoras llevando a cabo ‘demostraciones’ usando objetos materiales. Consideramos que la incorporación de éstos representa otra forma de aportar razones para ‘convencer’ a los alumnos sobre los conocimientos que les son presentados para su asentimiento. Tal afirmación la hacemos en base a que los objetos materiales usados en las demostraciones se convierten en objetos semióticos; en signos dotados de significados, y que mediante las demostraciones, las palabras adquieren significados través de la experiencia que se lleva a cabo. Desde tal punto de vista, consideramos que las demostraciones pueden tener ‘carácter argumentativo’, cuando contribuyan a la aportación de ‘pruebas’ o razones que justifiquen los conocimientos científicos que se desean hacer creíbles

a los alumnos. Tal caso lo encontramos en el episodio *An-MA-022*, donde *Ana* incorpora un sistema real: una rueda que puede girar en torno a un eje acoplado a la misma y que pasa por su centro y realiza una experiencia, con la colaboración de un alumno que sostiene tal conjunto mientras permanece sentado en un banco giratorio (figura 10), para aportar a los alumnos razones (a modo de pruebas) que apoyen, en este caso, ‘lo que la teoría dice’ que sucede al sistema (banco-alumno) cuando el ‘momento angular’ cambia: el sistema formado por el alumno y el banco cambia su sentido de giro a medida que el alumno modifica la posición de la rueda que permanece girando.

Figura 10: La argumentación y las demostraciones con objetos materiales. Episodio An-MA-022.



La experiencia demostrativa argumenta a favor de la comprobación del ‘Principio de la conservación del momento angular’. La demostración se completa con la utilización de los modos comunicativos oral, escrito y gestual que usa la profesora para elaborar, luego de observar lo que sucede, la explicación en la que se ‘argumenta’ por qué pasa lo que sucede durante la experiencia. En otro episodio, el *Ai-CR-031*, encontramos a la profesora *Aida* elaborando una explicación para justificar a su grupo el carácter vectorial de los cambios infinitesimales de las variables rotacionales. Al inicio del mismo, identificamos una parte de la explicación dedicada a la ‘preparación de la audiencia’. Posteriormente la profesora incorpora un argumento por ‘citación de autoridad’, y donde la ‘voz de la autoridad’ corresponde a la ‘voz’ de la profesora misma, para luego incorporar un ‘argumento por definición’, y que consiste en una ‘demostración’ en el

aula usando un objeto material, para finalmente cerrar con otro argumento de autoridad con citación explícita de la ‘voz’ (tabla 11 y figura 11):

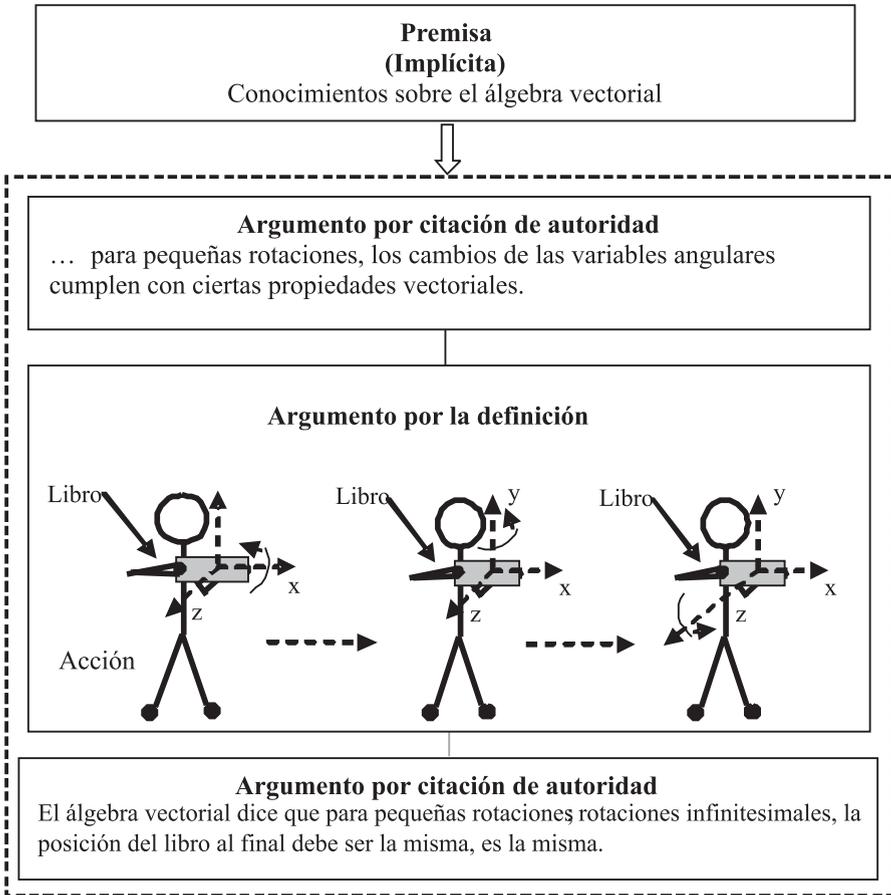
Tabla 11: La demostración como argumento. Fragmento del episodio Ai-CR-031.

Profesora: ...en la cinemática de traslación, todas las variables definidas eran [¿?] vectoriales, en este caso parte son vectoriales y parte no lo son... Hablaremos en detalle de cada variable y trataremos de que visualizar por qué unas son vectores y otras no lo son. Ahora fíjense que acabamos de decir que la posición, el desplazamiento angular y la rapidez angular media no son vectores; pero los siguientes sí. ¿Cómo es posible esto? ¿Si por ejemplo la (**rapidez angular media**) es el cambio de posición angular en un intervalo de tiempo dado, en tanto que la (**velocidad angular**) es lo mismo pero para un intervalo infinitesimal de tiempo? Bueno, sucede que para pequeñas rotaciones, los cambios de las variables angulares cumple n con ciertas propiedades vectoriales que vamos a tratar de observarlas ahora.

Profesora: Vamos a comenzar a girar [*Toma un libro de texto*] este libro respecto a la dirección de los ejes coordenados X, Y, y Z. Vamos a hacerlo de manera continua, primero vamos a girarlo en ese mismo orden con giros no tan pequeños [*Gira el libro respecto a los tres ejes: ACCIÓN*]. Observen cómo quedó al final la posición final del libro. Okey. Ahora vamos a girarlo al revés, respecto de Z, Y y X [*Gira el libro*] ¿Quedó igual que antes? Alumnos: No.

Profesora: Y si lo giramos [*lo va haciendo*] primero respecto a Y, luego respecto a X y después respecto a Z, fíjense que la posición del libro al final es también diferente. El álgebra vectorial dice que para pequeñas rotaciones, rotaciones infinitesimales, la posición del libro al final debe ser la misma, es la misma. Observen que si repetimos los giros, ahora muy pequeñitos respecto a X, Y, Z [*Lo gira*] Vean, ahora Z, Y, X [*lo gira otra vez*] fíjense que el libro nos queda siempre igual, ¿lo ven?. Por eso entonces las rotaciones (**infinitesimales**) de los cuerpos tienen carácter vectorial...

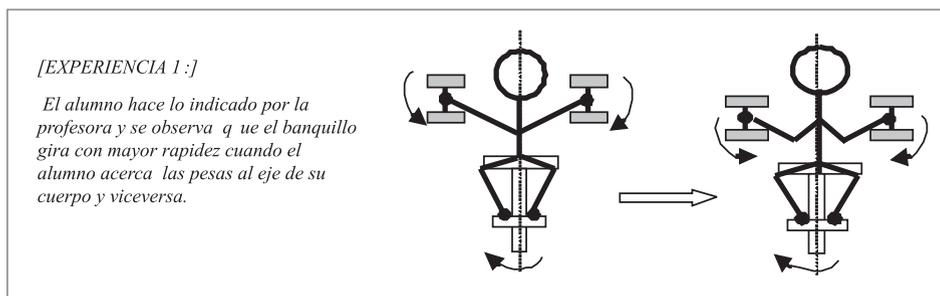
Figura 11: La demostración como argumento. Fragmento del episodio Ai-CR-031.



En este caso, consideramos la demostración como un ‘**argumento por la definición**’, porque la profesora basada en lo que ‘la teoría dice’, da a través de la demostración, razones que contribuyen a ‘convencer’ a los alumnos acerca del carácter vectorial de las variables angulares que describen cambios infinitesimales. El argumento es la demostración. En otro segmento explicativo (episodio *An-MA-021*), 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; y específicamente en relación con el Principio de la conservación del momento angular (figura 12):

Figura 12: La demostración como argumento. Episodio An-MA-021: Experiencia.



La explicación, que pudo resumirse en una ecuación de conservación del momento angular o mas, se reelabora por medio de la incorporación de una actividad demostrativa que permite al grupo clase observar lo que sucede y contrastarlo con lo que la “teoría dice” que pasa cuando un sistema, cuyo momento angular permanece constante, modifica su momento de inercia. En términos generales, las profesoras incorporan en sus lecciones, elementos u objetos materiales con el fin de aportar razones que contribuyan a la creación de significados y específicamente para comprobar principios físicos, ilustrar el comportamiento de sistemas físicos y para facilitar la visualización de entidades no visibles.

En relación a los modos comunicativos

Los lenguajes usados por las profesoras, tal como hemos ido viendo en las ilustraciones de las distintas categorías de análisis fueron: (a) **Oral**: respecto al que identificamos aspectos que definen acercamiento de las profesoras a los grupos como la manera de presentar los diferentes elementos durante la construcción de conocimientos científicos, el vocabulario y la terminología científica, la modalidad de expresión, las formas verbales utilizadas y la manera de hacer énfasis en cuestiones que se consideran importantes. (b) **Escrito**: los títulos, nomenclatura y unidades, desarrollos

matemáticos, esquemas. (c) **Visual**: representaciones convencionales y de sistemas físicos, representaciones de situaciones o de fenómenos físicos, gráficas, y (d) **Gestual**: Los gestos y los movimientos corporales son una constante en las explicaciones cumpliendo diversas funciones en relación a la construcción y reelaboración de conocimiento. Las **acciones con la incorporación de objetos materiales**: añadimos esta categoría por la relevancia que tiene en el caso de una materia de ciencia experimental. Tal característica de explicar ‘haciendo cosas’ con objetos, aparatos, etc., es fundamental y distintiva de la explicación en las clases de física y, en general, en las clases ciencias.

Los diferentes lenguajes o modos comunicativos no aparecen en la explicación como entes aislados; sino que al contrario, se enlazan o integran como un todo en la explicación; a tal extremo que en algunos casos, la comprensión de la misma no sería posible si se omite al menos unos de los modos en cuestión. La conjunción de los diferentes lenguajes, facilitan el flujo comunicativo en el aula de clases, a la vez que plantean nuevos interrogantes desde el punto de vista de la enseñanza de las ciencias. Encontramos fragmentos y/o episodios explicativos en que los diferentes modos comunicativos usados se integran entre si para la construcción de un mismo significado en una forma que difícilmente pudiera ser construido sólo en función de palabras. Este tipo de relación, Kress, Ogborn y Martins, (1998) la llaman de *cooperación*. En otros casos, cada modo comunicativo, contribuye a crear ‘porciones’ de significados; en este caso, entre tales modos comunicativos se establece una relación de *especialización* (Kress, Ogborn y Martins, 1998).

El lenguaje oral en la explicación contribuye a: (a) Introducir los diferentes temas que se desarrollan a lo largo de la asignatura. (b) Presentar, identificar y definir las diferentes entidades de la mecánica; así como los diferentes principios y leyes que se establecen por las diferentes relaciones que se dan entre ellas. (c) Introducir en las explicaciones el ‘lenguaje de la mecánica’: vocabulario, terminología, nomenclatura y simbología que esta área de conocimiento da a las entidades y procesos que en ella subyacen. (d) Destacar diferentes aspectos relacionados con el ‘lenguaje de la mecánica’, mediante el uso del énfasis vocal, la repetición

y la expresión silábica. (e) Permitir el acercamiento y conjunción de las profesoras con los alumnos durante el proceso de construcción de significados. (f) Permitir la interacción entre profesoras y alumnos mediante el planteamiento y la aportación de respuestas. (g) Regular, de cierta forma, la construcción de significados.

El lenguaje escrito en la pizarra: Está representado por lo que las profesoras plasman por medio de la escritura en la pizarra. En general, y durante las explicaciones, las profesoras conjugan este modo comunicativo con otros; principalmente con el oral. El lenguaje escrito permite: (a) Identificar y presentar los diferentes temas y tópicos que se desarrollan en las lecciones, la nomenclatura de diferentes entidades (escalares o vectoriales) y la representación simbólica de las unidades en la que éstas se expresan. (b) Mostrar aspectos compartidos entre los alumnos y profesoras (conocimientos previos, significados construidos o por construir, etc.). (c) Presentar el proceso de deducción de expresiones básicas de leyes o principios físicos y las relaciones entre las diferentes entidades científicas involucradas. (d) Comunicar aquello que las profesoras han dicho y que se considera importante.

El lenguaje visual en las clases de física consiste en representaciones de fenómenos de mundo real (por ejemplo el movimiento de cuerpos), de sistemas físicos (por ejemplo, el sistema resorte-cuerpo), de objetos abstractos en dos y/o tres dimensiones (por ejemplo un objeto tridimensional rígido en rotación pura), de gráficos (de energía), etc.; y en los que podemos encontrar: (a) Simbolismos geométricos como las flechas. Pueden representar a magnitudes físicas vectoriales como la fuerza, el desplazamiento, la velocidad, etc.; ejes de sistemas de coordenadas cartesianas o polar, niveles de referencia de energía potencial cero; así como “acciones” del o los elementos representados, por ejemplo el movimiento de un bloque sobre un plano inclinado, o de una barra que puede girar en torno a un eje fijo. (b) Información en forma de notas, leyendas o subtítulos que destaquen aspectos considerados de interés por las profesoras. (c) Símbolos de unidades, por ejemplo, las unidades, según el sistema internacional de velocidad, fuerza, trabajo y masa: m/s, N, J, kg; símbolos de magnitudes físicas como el momento angular, la masa,

la velocidad angular, la posición angular, el torque, el momento lineal: \vec{L} , m , $\vec{\omega}$, \vec{r} , \vec{p} . (d) Expresiones matemáticas que relacionan diferentes entidades. La combinación de los diferentes elementos que integran las representaciones gráfico-visuales; así como su integración con los otros modos usados por las profesoras cuando elaboran sus explicaciones, contribuyen a la creación de sentido y significado.

El lenguaje de los gestos: El uso de los movimientos corporales y gestos se pueden observar en los diferentes episodios presentados. Encontramos su utilización, por parte de las tres profesoras que colaboran en nuestra investigación, para: (a) Hacer hincapié en aspectos explicados mediante el lenguaje oral, escrito y/o visual, por ejemplo usando la señalación con el dedo índice. (b) Representar, ilustrar o mostrar una situación dada, por ejemplo la trayectoria circular descrita por la aguja de un reloj, el movimiento de un sistema físico como el movimiento de un resorte cuando se libera después de estirarse o comprimirse, entidades físicas: una partícula, la dirección y sentido del desplazamiento de un cuerpo, o la dirección y sentido de los vectores velocidad, posición, momento lineal, momento angular, etc. (c) Para hacer que aquello que se representa, por medio de una figura y/o objeto material, o su análisis, como estático, tome la apariencia de tener movimiento, de ser dinámico. En la Tabla 12 presentamos un fragmento de una explicación llevada a cabo por la profesora y que forma parte del episodio *An-TE-0110*.

Tabla 12: Tabla de transcripción. Episodio An-TE-0110: Introducción: Energía Potencial Elástica.

Lenguaje Oral	Lenguaje escrito y visual ¹	Gestualidad
<p>.....</p> <p><i>Profesora: Cuando pasa por aquí ¿Qué pasa con la fuerza gravitatoria? [G1]</i></p> <p>Alumnos: Es cero</p> <p>Profesora: No hay fuerza gravitatoria. Pero hay velocidad, por tanto la partícula pasa de largo. Pero al pasar de largo así me estoy moviendo en este sentido [G2]</p> <p>Pero al pasar de largo así, la fuerza gravitatoria me hala así [G3] hacia el centro de la Tierra y cuando yo llego aquí [G4] me detengo y comienzo a moverme en el sentido que me hala la fuerza gravitatoria, en el sentido de la aceleración; entonces adquiero velocidad y paso nuevamente de largo y nuevamente se repite el proceso.</p> <p>..... Eso exactamente es lo que pasa con el resorte [Hace dibujo de resorte atado a un cuerpo: D1]. Tengo una posición de equilibrio [G5].</p> <p>Estiro el resorte y suelto [G6]. Pasa de largo, llega, se detiene, se devuelve, pasa por el punto de equilibrio, sigue de largo, disminuye su velocidad – pero ahora hay fuerza – se regresa y así se la pasa todo el tiempo. [G7]</p> <p>Entonces tenemos lo mismo, estamos hablando de un mismo tipo de energía aún cuando la energía no está producida por el mismo agente. Estamos hablando de energía potencial (gravitatoria) [G8] y de energía potencial (elástica) [G9]. ¿Se entiende más o menos el concepto de energía potencial?.</p>		<p>[G1] Señala el punto que indica el centro de la Tierra</p> <p>[G2] Dibuja dentro del hueco una flecha en sentido hacia abajo</p> <p>[G3] Señala hacia el centro del hueco.</p> <p>[G4] Señala extremo inferior del hueco</p> <p>[G5] La señala en el dibujo</p> <p>[G6] Ilustra gestualmente el estiramiento del resorte y su liberación</p> <p>[G7] Muestra en la pizarra el movimiento del cuerpo y resorte al lestrarse y liberarse</p> <p>[G8] Señala dibujo de Tierra con hueco</p> <p>[G9] Muestra dibujo de resorte</p>

La incorporación de **objetos materiales para hacer demostraciones** en el aula, es otro de los elementos incorporados en las clases de física como medio para contribuir a la transformación de significados científicos¹. Las profesoras incorporan en sus lecciones, elementos u objetos materiales con el fin de: comprobar principios físicos, ilustrar el comportamiento de sistemas físicos, y/o facilitar la visualización de entidades no visibles. Las demostraciones, acompañadas de explicaciones verbales (oral y escrita), representan una poderosa herramienta ya que permite a los alumnos visualizar aquello que “la teoría dice”.

¹ Diferenciamos la acción de los gestos (movimientos corporales y expresiones faciales) por el hecho que ésta aparece en las experiencias prácticas llevadas a cabo en el aula y porque resaltan la especificidad e importancia que tienen en una clase de física.

CONCLUSIONES

Conclusiones respecto al marco teórico usado para el análisis

A partir de la Teoría de la Argumentación se deduce una interesante propuesta analítica y metodológica para el estudio del discurso. El modelo de Perelman y Olbrechts gana potencialidad analítica, como referente de análisis, al integrarse a un sistema retórico mas amplio que permite distinguir tres fases metodológicas, a partir de las cuales se puede elaborar una primera aproximación de categorías analíticas o de análisis: los acuerdos generales, los esquemas argumentativos y la interacción entre los diferentes argumentos que confluyen en un discurso. Resulta adecuado, porque, en términos generales, implica muchos aspectos retóricos y argumentativos que contribuirán al análisis de las explicaciones en las clases de ciencias, además que permite la elaboración de un marco analítico para una caracterización general y a la vez en detalle del discurso. A continuación presentamos un resumen de algunos de los aspectos que caracterizan las clases de física elaboradas por profesoras experimentadas, extraídos a partir de los resultados del análisis de las explicaciones. Por cuestiones de espacio, no todos los aspectos analizados se discuten.

El interés en los procesos comunicativos

Tal aspecto lo evidenciamos en los constantes ‘esfuerzos’ de las profesoras por involucrar las ‘voces’ de los alumnos en el proceso de construcción de significados, transformando la clase magistral en la que se inserta su enseñanza, en una ‘clase magistral comunicativa’. Entre los elementos orientados a la búsqueda de la comunicación encontramos: (a) Los elementos verbales de comunicación: La elaboración de preguntas, el planteamiento de situaciones que motiven procesos de análisis y reflexión en los alumnos; y que pueden contribuir, a su vez, a que éstos intervengan espontáneamente durante las clases (para plantear dudas o aportar cuestiones de interés). (b) Los elementos no verbales de comunicación: El uso de la ‘mirada’, y la interpretación del silencio de los alumnos como instrumentos para ‘detectar’ el proceso de los alumnos, su asimilación y seguimiento de las clases. Estos elementos son expresiones de esa parte

de la enseñanza difícil de verbalizar porque se basa en la ‘posibilidad’ de captar, de notar, de sentir, incluso de pensar la clase en función de ‘caras’, de mirar y ser mirado, y de las palabras no enunciadas. c. La adaptación de las explicaciones a las necesidades de los alumnos.

La importancia de la consideración y adaptación a los alumnos

Desde nuestra aproximación teórica encontramos la orientación de prestar atención a los alumnos, como audiencia a la cual se dirigen los discursos de las clases de física. Lo notamos cuando desde el inicio del desarrollo de los fragmentos explicativos, se ‘prepara a los alumnos’ respecto a lo que a continuación se verá; así como en la constante ‘consideración’ de las necesidades de éstos a lo largo del desarrollo de las explicaciones elaboradas, es decir, de la adaptación de la explicación a ellos. La preparación y la consideración de la audiencia se consiguen a través de la aplicación de una diversidad de recursos didáctico-comunicativos.

1. El ‘convencimiento’ de los alumnos como base para la construcción de significados

2. Este aspecto se ve en la actuación de las profesoras orientadas a presentar a los alumnos contenidos científicos de una forma tal que la aceptación o asentimiento de los mismos sean resultado de un proceso de razonamiento ‘plausible’. Esto lo notamos al identificar los diferentes recursos y estrategias utilizados por las profesoras para la introducción de las variadas entidades científicas que los alumnos, según el currículo de la asignatura, deben construir, así como durante el proceso de transformación de significados. Todos estos recursos, están alejados de una intención de ‘imponer’; al contrario, buscan lograr ‘convencerlos’ en base a ‘hacer ver’, justificar, razonar, sobre los diferentes aspectos del conocimiento científico presentados. También se nota, en la actuación de las profesoras un interés por considerar las necesidades de los alumnos, de tal manera que no presentan o no muestran indicios de continuar una lección sin la adhesión previa de los alumnos a los conocimientos que les fueron presentados en ese momento. La intención de ‘convencerlos’ antes de continuar la lección, prevalece en la labor docente que desempeñan. Este

interés de ‘convencer’ a los alumnos lo vemos reflejado en las diferentes estrategias y recursos usados durante la elaboración de las explicaciones.

El uso de diversos recursos retórico-argumentativos con diversa finalidad

Los resultados de los análisis muestran que las profesoras a lo largo de sus explicaciones, usan diferentes recursos retórico-argumentativos, para:

1. Captar y mantener la atención de los alumnos
2. Captar, interceptar o subrayar manifestaciones (explícitas o no) de la adhesión en los alumnos
3. Contribuir a crear o a hacer más presentes (más cercanas) a las entidades científicas presentadas en las lecciones
4. Implicar al auditorio en el proceso de construcción de significados
5. Aportar razones para ‘convencer’ a los alumnos en relación a los conocimientos científicos que se reelaboran en las clases.

Adicionalmente, las profesoras incorporan en sus explicaciones, una serie de elementos relacionados con la comunicación, y con carácter retórico, usados como estrategias para destacar, resaltar, enfatizar o llamar la atención de los alumnos (repetición, énfasis vocal, expresiones silábicas, la identificación de los temas por los títulos y sub-títulos, etc.) sobre aspectos considerados de interés.

La multimodalidad en las explicaciones en las clases de física.

En los diferentes episodios analizados encontramos que las explicaciones elaboradas por las profesoras son construcciones semióticas caracterizadas por la conjunción de diferentes modos comunicativos. Aunque el lenguaje oral es el más omnipresente; lo encontramos mayoritariamente compartiendo espacio con otros lenguajes de las clases. En los casos estudiados, los diferentes lenguajes no aparecen en

las explicaciones como entes aislados; al contrario, se enlazan o integran como un todo, y durante el proceso de construcción de significados, se complementan y contribuyen a estructurar una explicación, en conjunto, coherente y convincente. En algunos casos, la comprensión de la explicación no sería posible si se omitiera al menos uno de los modos en cuestión. En este sentido, nuestros resultados están de acuerdo con los de otros investigadores (Lemke, 1998, Kress, Ogborn & Martíns, 1998). Desde una visión de global, vemos que los diferentes modos comunicativos pueden integrarse de modo que, en unos casos, colaboran entre sí para la construcción de un mismo significado, y en otros, cada uno contribuye a crear ‘porciones’ que al enlazarse llevan a la construcción, como un todo, de un mismo significado.

Aún cuando Perelman y Olbrechts (1989), en su obra, consideran que el objeto real podría ofrecer aspectos desfavorables que pudiera ser difícil de sustraer al espectador; así como también que pudiera distraer la atención del oyente en una dirección que se aleja de la que importa al orador; pensamos que tal aspecto representa un factor de riesgo que está allí, pero aún así consideramos que la incorporación de demostraciones y/o experiencias en el aula aportan una serie de elementos que contribuyen tanto a la presencia, como, en general, a la construcción de significados científicos.

IMPLICACIONES PARA LA MEJORA DE LA PRÁCTICA DOCENTE

Desde el punto de vista la ‘enseñanza basada en casos’ (Shulman, 1992), la información extraída a partir de las situaciones prácticas auténticas analizadas, pudiera incorporarse como parte del material de enseñanza usado en las actividades orientadas a la formación del profesorado de Ingeniería, al proporcionar la base a través de la que profesionales dedicados a la enseñanza pueden desarrollar la competencia docente, teniendo como punto de partida, y estímulo para la reflexión teórica, la práctica de otros profesores.

REFERENCIAS

- Capdevila, A. (2002). Acercamiento metodológico al estudio del discurso audiovisual. Tesis doctoral. Universitat Pompeu Fabra.
- Cros, A. (2003): Convencer en clase. Argumentación y discurso docente. Edit. Ariel Lingüística.
- Jewitt, C., Kress, G., Ogborn, J., Tsatsarelis, Ch. (2001). Multimodal teaching and learning. University of London: Institute of Education, London.
- Kress, G., Ogborn, J., Jewitt, C., & Tsatsarelis, CH. (2000). The rhetorics of science classroom: a multimodal approach . ESRC Institute of Science Education, London.
- Kress G., Ogborn J., Martins I. (1998). A satellite view of language: Some lessons from science classrooms, *Language awareness*, 7: 69-89
- Lemke, J. (1997). Aprender a hablar ciencia. *Lenguaje, aprendizaje y valores*. Paidós, Barcelona, España. Trad. Obra original en inglés: *Talking Science: Language, learning and values*, 1993).
- _____ (1998). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In Martin J. & Veel R. (eds.), *Reading Science: critical and functional perspectives on scientific discourse*. London: Routledge.
- _____ (1999). *Teaching All the Languages of Science: Words, Simbols, Images, and Actions*. Disponible en: [http://www-personal.umich.edu/~ja_lemke/papers / barcelon.htm](http://www-personal.umich.edu/~ja_lemke/papers/barcelon.htm); <http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/jll-new.htm>
- _____ (2002). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes, y acciones. En Benlloch, M. (ed.), *La educación en ciencias*. Barcelona: Paidós. pp. 159-186.
- Perelman Ch., Olbrechts-Tyteca, L. (1989): *Tratado de la Argumentación. La Nueva retórica*. Madrid: Gredos. Trad. De la obra original en francés publicada el 1958
- Shulman, L. (1992). *Case methods in teacher education*. Teachers College Press, Columbia University, New York

- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Shulman, L.. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1-22.
- Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Morata, Madrid.
- Wilson, S. M., Shulman, L. S., & Richert, A. E. (1987). 150 different ways' of knowing: Representation of knowledge in teaching. In J. Calderhead (Ed.). *Exploring teachers' thinking* .104-124. Cassell, London.