



Revista Electrónica "Actualidades  
Investigativas en Educación"

E-ISSN: 1409-4703

revista@inie.ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica  
Costa Rica

Fagúndez Zambrano, Thamara J.; Castells Llavanera, Marina  
LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE LA FÍSICA: LOS OBJETOS MATERIALES Y LA  
CONSTRUCCIÓN DE SIGNIFICADOS CIENTIFICOS  
Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación", vol. 9, núm. 2, mayo-agosto, 2009,  
pp. 1-27  
Universidad de Costa Rica  
San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44713058011>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



---

**Actualidades Investigativas en Educación**

Revista Electrónica publicada por el  
Instituto de Investigación en Educación  
Universidad de Costa Rica  
ISSN 1409-4703  
<http://revista.inie.ucr.ac.cr>  
COSTA RICA

**LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE LA FÍSICA: LOS OBJETOS  
MATERIALES Y LA CONSTRUCCIÓN DE SIGNIFICADOS  
CIENTIFICOS**

UNIVERSITY'S PHYSICS EDUCATION: MATERIALS OBJECTS AND CONSTRUCTION  
OF SCIENTIFICS MEANING

Volumen 9, Número 2  
pp. 1-27

Este número se publicó el 30 de agosto 2009

Thamara J. Fagúndez Zambrano  
Marina Castells Llavanera

*La revista está indexada en los directorios:*

[LATINDEX](#), [REDALYC](#), [IRESIE](#), [CLASE](#), [DIALNET](#), [DOAJ](#), [E-REVIST@S](#),

*La revista está incluida en los sitios:*

[REDIE](#), [RINACE](#), [OEI](#), [MAESTROTECA](#), [PREAL](#), [HUASCARAN](#), [CLASCO](#)



## LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE LA FÍSICA: LOS OBJETOS MATERIALES Y LA CONSTRUCCIÓN DE SIGNIFICADOS CIENTÍFICOS

UNIVERSITY'S PHYSICS EDUCATION: MATERIALS OBJECTS AND CONSTRUCTION OF SCIENTIFICS MEANING

Thamara J. Fagúndez Zambrano<sup>1</sup>  
Marina Castells Llavanera<sup>2</sup>

**Resumen:** La investigación indaga las acciones de docentes experimentados a partir del estudio 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. Es un estudio descriptivo-interpretativo de casos. Considerando el carácter social, retórico y argumentativo de las clases de ciencias, seleccionamos el referente teórico aportado por Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989). El carácter social, didáctico, semiótico y comunicativo de las clases de ciencias se analiza tomando como referente teórico el aportado por Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996). Incorporamos aportes de la investigación sobre la multimodalidad en la enseñanza de las ciencias (Lemke, 2002, 1999, 1998, 1997; Jewitt, Kress, Ogborn, Tsatsarelis, 2000; Kress, Ogborn, Jewitt y Tsatsarelis, 2001; Kress, Ogborn y Martins, 1998) para analizar los aspectos multimodales de las explicaciones. Los análisis y resultados destacan la contribución del uso de demostraciones y objetos materiales en relación a la construcción de significados y al convencimiento de los alumnos.

**Palabras claves:** RETÓRICA, ARGUMENTACIÓN, ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, MULTIMODALIDAD

**Abstract:** The research investigates the performance of experienced teachers from the study of their explanations in physics classes. The context is the Faculty of Engineering at the University of Carabobo, Venezuela. The methodological approach is qualitative. It is a descriptive and interpretative study of cases. Considering the social, rhetorical and argumentative in science classes, we select the theoretical frame given by Perelman and Olbrechts-Tyteca (1989). The social, educational, communicative and semiotic science classes is analyzed by reference to the theory provided by Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996). Incorporating input from research on multimodality in science education (Lemke, 2002, 1999, 1998, 1997, Jewitt, Kress, Ogborn, Tsatsarelis 2000, Kress, Ogborn, Tsatsarelis and Jewitt, 2001, Kress, Ogborn and Martins, 1998) to analyze the multimodal aspects of the explanation. The analysis and findings highlight the contribution of the use of exhibits and material objects relating to the construction of meaning and belief to the students.

**Keywords:** RHETORIC, ARGUMENTATION, TEACHING PHYSICS, MULTIMODALITY

---

<sup>1</sup> Docente de Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Venezuela. Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Barcelona.

Dirección electrónica: [tfagunde@uc.edu.ve](mailto:tfagunde@uc.edu.ve)

<sup>2</sup> Docente de la Facultad de Formación del Profesorado. Universidad de Barcelona. España. Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Barcelona.

Dirección electrónica: [marina.castells@ub.edu](mailto:marina.castells@ub.edu)

**Artículo recibido:** 29 de mayo, 2009

**Aprobado:** 24 de agosto, 2009

## **1. Introducción**

El objetivo del aprendizaje de la física es la construcción de significados científicos. Los alumnos construyen significados científicos cada vez que son capaces de establecer relaciones entre lo que aprenden y lo que ya conocen (Piaget, 1988) cuando cada nuevo conocimiento construido se integra al 'bagaje' previo de lo que ya conocen, tal que ese nuevo conocimiento conformado por un saber existente, a la vez contribuye a reestructurar ese saber previo. En la enseñanza de la física, al profesor, se le presenta un doble desafío, ya que su labor debe integrar aspectos en una enseñanza de contenidos disciplinares con una finalidad específica de formación; en la que además de aprender física, los alumnos aprenden 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 y a la formación del estudiante de ingeniería.

Una fuente de conocimiento acerca de 'cómo' los profesores transforman su conocimiento de la física en una forma que contribuya a que los alumnos construyan significados científicos, es su 'hacer' en el aula de clases. Y parte importante de este 'hacer', son las explicaciones que éstos desarrollan durante las clases. Las explicaciones elaboradas en las aulas donde se imparten clases de física, las consideramos construcciones semióticas caracterizadas por la conjunción de diferentes modos comunicativos. Mediante los mismos se expresan relaciones, clasificaciones, conexiones lógicas entre términos y procesos abstractos y/o generales, relaciones de tiempo, lugar, acciones de personas, eventos o situaciones específicas reales o ficticias, etc., y en la que cada uno de tales modos, y durante el proceso de construcción de significados, se complementan y contribuyen a estructurar una explicación, en conjunto lógica y coherente. Los modos comunicativos no aparecen en la explicación como entes aislados sino que 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. Además del lenguaje verbal, encontramos lenguajes formales matemáticos, elementos del lenguaje gráfico-visual; así como un lenguaje gestual y, un aspecto que resulta peculiar de las clases de ciencias, las explicaciones que se elaboran actuando sobre el mundo físico, usando objetos materiales o haciendo experiencias con estos objetos. 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; y constituye el eje central del presente artículo.

Para nuestro acercamiento al estudio de las explicaciones partimos de la consideración de la enseñanza de la física en una clase 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, 1998), 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. Desde tal punto de vista, un acercamiento a las explicaciones desde una **perspectiva 'didáctico-comunicativa'** nos puede aportar elementos de interés para el estudio acerca de *cómo* explican los profesores y la construcción de significados científicos. Por otra parte, consideramos que cada clase constituye un discurso único, construido por un docente que incluyen en sus explicaciones 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. Se destaca aquí la 'orientación argumentativa' de las explicaciones. Por lo tanto, desde esta visión, una **perspectiva 'retórico-argumentativa'** se presenta como interesante para el estudio, descripción y caracterización de las explicaciones desarrolladas por los profesores para la enseñanza de la física. Tomando en cuenta los aspectos antes planteados, los objetivos la investigación desarrollada son los presentados a continuación.

## 2. Objetivos de la Investigación

**2.1 Objetivo general:** Caracterizar las explicaciones elaboradas en clases universitarias por profesores experimentados de física en el contexto de una facultad de ingeniería.

## **2.2 Objetivos específicos**

- Elaborar un marco analítico para caracterizar las explicaciones en clases universitarias de física.
- Identificar el aporte de la incorporación en las explicaciones de 'objetos materiales' y las 'demostraciones' para la construcción de significados científicos.

## **3. Marco Teórico**

### **3.1 Referente teórico para el análisis a partir de la perspectiva didáctico-comunicativa.**

Para el análisis de las explicaciones desde la perspectiva 'didáctico-comunicativa' seleccionamos la obra 'Formas de Explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria' aportada por Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996). En tal obra los autores, desde una perspectiva semiótica vinculada con los desarrollos de Halliday, muestran al lenguaje no como algo autónomo, sino como ligado a estructuras y a prácticas sociales. Presentan el mismo lenguaje como una práctica social, así como para destacar que otras prácticas sociales se utilizan también para elaborar y crear significados. La obra centra la atención en el modo cómo explican los profesores de ciencias estudiando el significado semiótico de las prácticas, los objetos y las actividades de estos profesores. Se centra en el mundo semiótico de las clases de ciencias, y considera que en las ciencias, al tratar con significados que se atribuyen al mundo material y que se construyen a partir de este, se elaboran estructuras de significados que no son solo efectos del lenguaje verbal. Los autores toman en consideración numerosas formas de reflexionar sobre la explicación (desde perspectivas filosóficas hasta perspectivas psicológicas), y se inspiran en las mismas para la elaboración de un "lenguaje" para poder hablar y reflexionar sobre la explicación en un escenario específico: la clase de ciencias. La investigación base de la elaboración de la obra, según sus autores, se lleva a cabo desde una perspectiva desde el estudio de la comunicación, en particular relacionado con el Análisis crítico del discurso y la Semiótica social.

Entre los aspectos que nos hacen decantar por la selección del libro de Ogborn y sus colaboradores, es que involucra un aspecto esencialmente característico de las clases de física: el hecho de que en las explicaciones elaboradas intervienen conceptos, nociones, relaciones, procesos, modelos, principios y teorías, las entidades, que son necesarias para

elaborar las explicaciones y que, por tanto, se hace necesario un proceso de elaboración de las mismas para que las posteriores explicaciones que las involucren resulten comprensibles e inteligibles a los alumnos. Otro elemento que nos orienta a la selección de este referente fue su consideración del 'cómo hace' el profesor de ciencias para presentar a sus alumnos un conocimiento científico adaptado a las necesidades de éstos y al contexto en el que se desempeña. Finalmente los aspectos referidos a la incorporación de actividades demostrativas en base a objetos materiales y/o aparatos especiales, las que también observamos en las clases de física. El análisis respecto a cómo es la dinámica de la clase, y qué aspectos influyen en la misma, terminan de aportarnos elementos que consideramos claves para analizar las explicaciones en clases de física universitaria. Según tal referente, se habla de las explicaciones de los profesores de ciencias de acuerdo con tres componentes:

- a. Las explicaciones científicas son análogas a 'historias', hay unos protagonistas, las entidades científicas (moléculas, campo eléctrico, fuerzas, etc.), cada uno de los cuales tiene sus propias características y capacidades de acción que son las que hacen que sean lo que son, puedan hacer según qué cosas y hasta que puedan interactuar con otras determinadas entidades, es decir, tienen su propia naturaleza y se relacionan con determinados hechos del mundo material.
- b. Las partes principales de un relato de la construcción de significados en la explicación. La obra considera que el primer paso en la construcción de significados en toda explicación es 'Crear la necesidad' de esa explicación y sugiere que esto se consigue a través de mostrar una diferencia que ha de ser salvada o resuelta. Habiendo creado una 'diferencia' el profesor ha de construir o presentar los protagonistas de la historia o 'entidades', y para que tengan sentido para los estudiantes, el profesor ha de convencerlos sobre la necesidad y conveniencia de su existencia y ha de caracterizarlas de forma adecuada. El 'cómo hace' el profesor para presentar a sus alumnos un conocimiento científico adaptado a las necesidades de éstos y al contexto en el que se desempeña, requiere que este conocimiento sea 'transformado o reelaborado'. Tal reelaboración implica, una elección de cómo organizar y presentar los contenidos disciplinares. Otro elemento importantes del modelo es la 'relación de la explicación con el mundo material', que para Ogborn tiene mucho de retórica, de ayudar a convencer a los estudiantes a que 'vean la realidad' como los 'modelos científicos' proponen de verla.

- c. Estilos y dinámicas explicativas. Como tercer aspecto importante, el marco insiste en la variación y estilos de explicación, y en como se dan las dinámicas explicativas a lo largo de diferentes clases de ciencias. Este último aspecto se valora como muy importante porque las explicaciones toman sentido cuando se enlazan unas con otras.

Tal como sus autores afirman, se trata de un marco descriptivo, no pretende evaluar, sino que nos ofrece una manera de entender las explicaciones en las clases de ciencias. Algunos investigadores también han aplicado el modelo al análisis de textos de divulgación científica (Castells et al., 2005).

### **3.2 Referente teórico para el análisis desde la 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). El propósito de Perelman para el desarrollo de esta obra fue construir un marco filosófico capaz de dar explicación lógica a los procesos de actuación humana abandonando la lógica formalizada, y a la vez, la necesidad de una Teoría de la Argumentación que describiera la manera según la cual la argumentación tiene lugar. Su 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, 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 considerando a la totalidad del discurso y tomando en cuenta aspectos que tienen que ver con el poder de convencimiento (aspecto retórico) y otros más relacionados con el razonamiento (aspecto argumentativo).

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. 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.



Aunque el planteamiento de Perelman no fue diseñar una metodología, sino elaborar unas nociones para conformar una Teoría de la Argumentación, de su propuesta se deduce una interesante propuesta analítica y metodológica para el estudio del discurso.

En la obra de Perelman se distinguen tres aspectos sobre el discurso:

- a. 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 (Sáez y Casas, 1999). Las premisas 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.
- b. Las técnicas argumentativas, esquemas argumentativos o razonamientos, representados por el conjunto de recursos retóricos que transfieren el sentido de las premisas a las conclusiones o tesis. Involucra los procedimientos de enlace y de disociación. Los primeros unen elementos distintos y permiten el establecimiento de una solidaridad entre ellos que pretende estructurarlos o valorarlos. Los elementos de disociación tienen por objetivo es separar elementos considerados componentes de una totalidad en un determinado sistema de pensamiento. Constituyen las dos técnicas argumentativas básicas y conectan los acuerdos iniciales con las conclusiones a las que transfieren validez.
- c. 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 una perspectiva en 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

### **3.3 La multimodalidad en los discursos explicativos en ciencias**

La explicación en las clases de ciencias puede considerarse como multimodal, ya que cuando se explica ciencias, por ejemplo física, hay elementos del lenguaje oral y del escrito, pero también hay elementos del lenguaje gráfico y de los lenguajes formales matemáticos (Lemke, 1998; Janvier, 1980a, b; Márquez, Izquierdo & Espinet, 2001). Se utiliza también un lenguaje gestual y, lo que es más peculiar, se explica actuando sobre el mundo físico, haciendo experiencias con los objetos y seres materiales. La característica de explicar 'haciendo cosas' con objetos, aparatos, etc. es fundamental y distintiva de la explicación en las clases de ciencias. Estas consideraciones hacen que para la interpretación de lo que pasa en las clases de ciencias se acuda a nuevas perspectivas teóricas que tienen que ver con los fenómenos comunicativos como la semiótica (Lemke, 1997; Jewitt et al. 2001; Ogborn et al, 1996), la retórica (Martins et al., 2001) y la argumentación (Duschl et al., 1999; Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002; Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008), entre otras.

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 a como parte de nuestros referentes teóricos, 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). En este artículo los aspectos multimodales los incorporamos dentro de las categorías elaboradas a partir de ambas perspectivas, con lo que mostramos que la multimodalidad es intrínseca a la explicación en las clases de física.

### **3.4 La construcción de significados científicos: La demostración y objetos materiales y su carácter argumentativo**

Los conocimientos científicos no son estáticos, al contrario, están constantemente en reelaboración para hacerlos accesibles a estudiantes universitarios, alumnos en edad escolar y público en general. La labor del profesor, en las clases de ciencias, consiste en reelaborar o recontextualizar el conocimiento científico para el tipo de audiencia y contexto para el cual elabora las explicaciones. En tal reelaboración, los profesores seleccionan y utilizan una serie de recursos, como los relatos, la analogía y la metáfora, así como

diferentes lenguajes (oral, escrito, gráfico-visual, gestual), además de la incorporación de objetos materiales y demostraciones para elaborar sus explicaciones.

Las teorías científicas nos dicen cómo son realmente las cosas, pero al observar el mundo se tiene que éste no es en absoluto como las teorías científicas dicen que es. Nos hablan de un mundo situado más allá de las apariencias y las prácticas científicas tratan de traer ese mundo sumergido hasta la superficie. Las prácticas en la enseñanza de las ciencias están concebidas para demostrar a los alumnos el comportamiento del mundo como la 'teoría dice que lo hace'. Tratan de dotar de significado a la materia. Por medio de las demostraciones se puede constituir un acontecimiento en el que un aspecto del mundo se reelabore de forma significativa, de forma particular y predeterminada, y que se seleccione y reelabore para exponer un significado de forma evidente, enérgica y sin ambigüedad. La demostración tiene un doble carácter. Por una parte permite mostrar que las cosas son como la teoría lo dice, y luego una vez comprobado esto, contribuye a 'legitimizar' eso que la teoría dice.

Un rasgo fundamental de la demostración es que ésta no debe fallar. Lo que se demuestra son hechos al servicio de la teoría. Lo que es observado está privado de incidencias irrelevantes, de lo que se habla, son cosas observables y no observables, se insiste en qué es y qué pasa, en lugar de lo que se ve. Su función es la de reforzar la visión de determinadas entidades (reales e/o inobservables). Los objetos materiales usados en las demostraciones se convierten en objetos semióticos, en signos dotados de significados y mediante las demostraciones las palabras adquieren significados través de la experiencia que se lleva a cabo representando otra forma usada por las profesoras para la justificación del conocimiento. Desde este punto de vista las demostraciones pueden tener 'carácter argumentativo' cuando contribuyen a la aportación de razones que justifiquen los conocimientos científicos que se desean hacer creíbles a los alumnos.

#### **4. Metodología**

Con base en 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. 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 las investigadoras que han actuado como observadoras no participantes. Las grabaciones se han transcrito en una plantilla que recoge tanto la parte verbal como la parte multimodal. El estudio se divide en fases; cada una con un propósito definido e involucrando actividades, procedimientos de técnicas de recogida de datos y de análisis diferenciados, todos cualitativos. FASE 1: La formación del marco teórico de referencia. Se fundamenta en la revisión de los referentes que orientaron la construcción del marco analítico. FASE 2: Análisis exploratorio: la reducción de los datos. En esta fase se organiza la información básica (grabaciones de audio y vídeo de las explicaciones sobre diversos tópicos de mecánica). Involucró la observación de vídeos, la definición de los criterios de selección de los episodios explicativos a analizar y la selección de los mismos (reducción de los datos). FASE 3: La transformación de la información. Aquí concretamos los datos que finalmente analizamos. Se diseñó una tabla de transcripción para el registro de los diferentes modos comunicativos usados por el docente durante sus explicaciones, así como el desarrollo de sistema de códigos que permitiera, en la medida de lo posible, conocer en qué momento de la clase se incorporan los diferentes modos comunicativos, así como otros aspectos característicos de la clase como el uso del énfasis vocal, las repeticiones, las expresiones silábicas, los silencios prolongados, el establecimiento del contacto visual con los alumnos, etc. (Tabla 1).

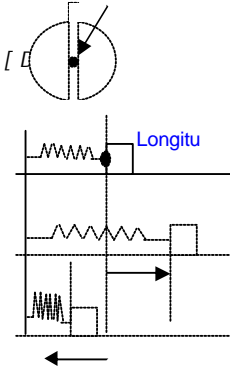
Lenguaje Oral	Lenguaje escrito y visual	Gestualidad
<p>Profesora: Cuando pasa por aquí ¿Qué pasa con la fuerza gravitatoria? [G1]</p> <p>Alumnos: Es cero</p> <p>Profesora: No hay fuerza gravitatoria. Pero hay velocidad, por tanto la partícula pasa de largo. Pero al pasar de largo así me estoy moviendo 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 de la aceleración; entonces adquiero velocidad y paso nuevamente de largo y nuevamente se repite el proceso. .... Eso exactamente es lo que pasa con el resorte [Hace dibujo de resorte atado a un cuerpo: D1]. Tengo una posición de equilibrio [G5]. 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] 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>

Tabla 1: Tabla de transcripción de datos

[Gi] Gesto incorporado. [Di]: Dibujo realizado

FASE 4: La elaboración de categorías de análisis a partir de referentes teóricos (Figura 1).

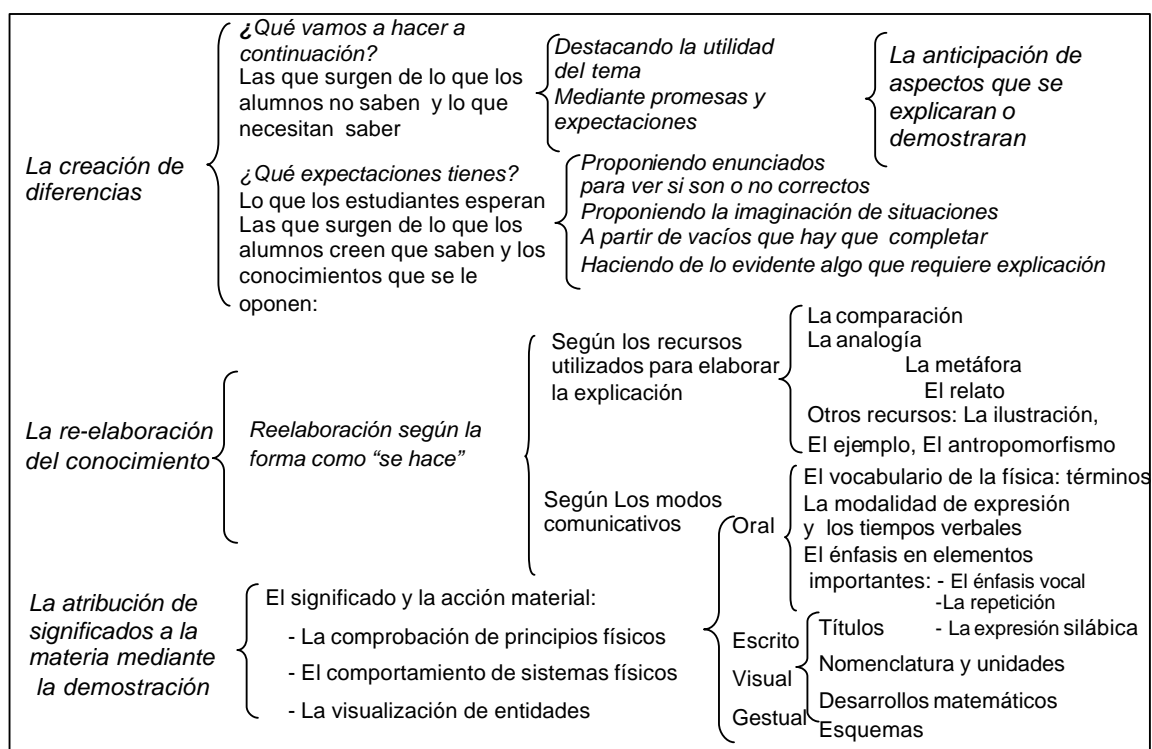


Figura 1: Algunas categorías de análisis. Perspectiva Didáctico-comunicativa

FASE 5: El proceso de análisis de los datos. Involucró el diseño de los instrumentos de análisis, el análisis propiamente dicho y la sintetización de los resultados.

## 5. Resultados y Discusión

En este apartado presentamos el análisis de las explicaciones realizadas en base a las distintas categorías de análisis, y desde las perspectivas didáctico-comunicativa y retórico-argumentativa. Por cuestiones de espacio, en el presente artículo presentamos la forma de analizar mostrando el estudio de algunos episodios o explicativos seleccionados, comentando e ilustrando la categoría que tiene que ver con la *atribución de significado a la materia y el uso de la demostración* y de objetos materiales.

Entre otros aspectos que nos permiten caracterizar las explicaciones de las profesoras encontramos:

1. Las formas cómo las profesoras transforman los conocimientos científicos en representaciones didácticamente comprensibles para los alumnos, se caracteriza por los recursos, así como por los modos comunicativos que utilizan y que estructuran como un 'todo' las explicaciones.

2. Según los recursos usados:

- a. El recurso más usado es la analogía, y la encontramos en las explicaciones y en diferentes episodios de forma explícita, así como en forma 'tácita'. Es el recurso usado con preferencia para introducir diferentes temas de las últimas unidades de la asignatura y que comprenden el estudio del movimiento de rotación pura (cinemática y dinámica).
- b. El uso del relato o la historia aparece en las explicaciones de física, en la forma de relatos sencillos, la mayoría basados en situaciones de la vida cotidiana y donde las entidades protagonistas (lo que son, lo que hacen, o para que sirven) pueden ser utilizados como referencia para conocer otras entidades que se elaboran en la lección en ese momento.
- c. Las ilustraciones y los ejemplos, así como la estrategia de dotar de cualidades humanas a las entidades científicas o el uso de términos 'antropomórficos', son otros de los recursos usados a lo largo de las explicaciones en la etapa de ésta dedicada a la reelaboración del conocimiento y a la construcción de significados. El uso de términos antropomórficos no responde a una selección intencionada de estos como recursos didácticos, más bien se presentan como recursos culturales de uso común en el lenguaje docente, que contribuyen a la visualización de la ciencia de una forma más concreta.

3. Las explicaciones elaboradas combinan el uso de los modos comunicativos oral, escrito, visual y gestual. Los diferentes lenguajes o modos comunicativos no aparecen en la explicación como entes aislados; sino que se enlazan como un todo en la explicación:

- a. Unas veces integrados entre sí para la construcción de un mismo significado, en otros casos, cada modo comunicativo contribuye a crear 'porciones' de significados que al ser enlazados, contribuyen a la construcción de un significado dado como un todo.
- b. En algunos casos la comprensión de lo que se explica en la clase, no sería posible si se omite al menos unos de los modos comunicativos usados.

4. En relación al lenguaje oral encontramos que:
  - a. Las explicaciones elaboradas incorporan la terminología que el área de conocimiento (la física) asigna a las entidades que en ella subyacen; y por tanto, el vocabulario característico de la mecánica.
  - b. El interés de las profesoras para que los alumnos 'admitan' el lenguaje de la física se deja ver en las labores que éstas realizan en diferentes lecciones analizadas, y en las que destacan la importancia de 'hablar el mismo idioma' dentro del contexto del aula y de los procesos de enseñanza aprendizaje de la física.
  - c. La modalidad de expresión usada generalmente es asertiva o afirmativa, e interrogativa. La forma interrogativa se presenta en tres formatos: preguntas sin intención de obtener respuestas por parte del grupo (pregunta retórica), preguntas orientadas a respuestas "monosilábicas", cortas o fáciles y preguntas para extraer el pensamiento y comentarios de los alumnos (preguntas con fines dialógicos).
  - d. En relación a los tiempos verbales, la forma presente y la forma presente con matiz de futuro (caracterizada ésta por el uso de expresiones del tipo 'vamos a') son las formas verbales utilizadas en general.
  - e. Las explicaciones incorporan ciertas estrategias con la finalidad de resaltar, enfatizar o fijar la atención de los alumnos respecto a conceptos, ideas, situaciones, términos científicos, etc., entre estas: el énfasis vocal, la repetición y la expresión silábica.
  - f. Las explicaciones combinan el lenguaje científico, de la física, con el lenguaje cotidiano y sencillo.
5. El lenguaje escrito en las explicaciones se conjuga con otros modos comunicativos; principalmente con el oral. Es usado para:
  - a. Identificar los diferentes temas y tópicos que se desarrollaran (los títulos),
  - b. Presentar a los alumnos de manera concreta, la nomenclatura física utilizada para designar las diferentes variables o entidades escalares o vectoriales que se estudian a lo largo del curso, y para la representación simbólica de las unidades en según uno o varios sistemas de unidades (la nomenclatura y las unidades),
  - c. Plantear expresiones básicas; así como el proceso de deducción de ecuaciones generales a partir de las mismas (los desarrollos matemáticos/ecuaciones) y
  - d. Exponer de forma clara y resumida los aspectos respecto a una entidad, tópico o tema, para destacar la relación de similitud o diferencia entre las entidades, simbología, interpretación y/o aplicación; y/o para revisar de manera ordenada y secuencial

aspectos ya vistos en sesiones anteriores, o para plantear aquellos que desconocen pero que serán desarrollados en esa y/o posiblemente en las sucesivas, sesiones de clase (los esquemas).

6. El lenguaje visual en las clases de física se basa en la representación de fenómenos del mundo real, sistemas físicos, representaciones científicas 'convencionales' en dos y/o tres dimensiones, gráficos, etc. Tales representaciones pueden incluir simbolismos geométricos como las flechas, información en forma de notas, leyendas o subtítulos, y símbolos de unidades entre otros. Respecto al este lenguaje encontramos que la combinación de los diferentes elementos que incluyen las representaciones gráfico-visuales; y su integración con otros modos comunicativos contribuyen a la creación de sentido y significado.

7. Las explicaciones incorporan la gestualidad, los movimientos corporales y el uso de manos y dedos. Los gestos incorporados en las explicaciones contribuyen a estimular la visión espacial de los alumnos, y por tanto su capacidad de abstracción. Su función en las explicación consiste en:

- a. Destacar o hacer hincapié en aspectos contruidos mediante los modos oral, escrito y/o visual.
- b. Representar, ilustrar o mostrar una situación, el movimiento de un sistema físico, y/o entidades físicas.
- c. Hacer que aquello que se presenta como estático por medio de una figura y/o objeto material, o su análisis, tome la apariencia de tener movimiento, de ser 'dinámico'.

8. La 'acción', en la forma de una demostración o práctica constituye otro valioso recurso presente en las explicaciones. Los resultados de nuestro análisis nos indican que las profesoras incorporan en las explicaciones desarrolladas el uso de las demostraciones y de objetos materiales con el fin de comprobar principios físicos, Ilustrar el comportamiento de sistemas físicos y Facilitar la visualización de entidades no visibles.



8.1 La comprobación de principios físicos: Las demostraciones, acompañadas de explicaciones verbales (oral y escrita), representan una poderosa herramienta ya que permite al grupo clase visualizar aquello que "la teoría dice", como por ejemplo el efecto del cambio de momento de inercia en la velocidad angular de un sistema cuyo momento angular se conserva: un incremento o disminución de la misma. En el segmento explicativo mostrado a continuación, la profesora incorpora una práctica, para mostrar una situación con el fin de "hacer ver" al grupo clase el Principio de la conservación del momento angular (tablas 2 y 3, figura 2):

Lenguaje Oral	Lenguaje escrito	Gestualidad
<p>Profesora. ¿Se acuerdan del problema del banquillo giratorio y el estudiante que está sentado en él sosteniendo unas pesas? Lo que vamos a hacer ahora es exactamente eso, vamos a observar el fenómeno.... Siéntate Luis.... Lo que vamos a demostrar hoy es la conservación del momento angular; ¿qué dice el principio de la conservación del momento angular? [ ], ¿Cuándo se conserva el momento angular? [ ].... cuando la sumatoria de torques externos es igual a cero. Aquí tenemos un banquillo cuyo roce en el eje es casi nulo [G1]; es un roce casi despreciable....Es un banquillo que puede girar libremente. Vamos a poner a Luis, que asumimos que es simétrico, con dos pesas de masas iguales en cada mano. Como las masas son iguales, ¿cuánto vale el torque neto respecto a cualquier punto respecto al eje de rotación? [G2]</p> <p>Alumnos: Inaudible</p> <p>Profesora: Las masas, como son iguales, hacen torque neto igual a cero respecto a cualquier punto del eje de rotación... Vas a mantener estirados los brazos y luego vas a recoger las pesas doblando los brazos hasta que puedas, acercando las pesas a tu cuerpo y vamos a ver qué pasa [ ] [G3]. Dale Luis.... [EXPERIENCIA. 1].</p>		<p>[G1] Señala el banco giratorio y le da un giro</p> <p>[G2] Señala moviendo la mano derecha de arriba a abajo a lo largo del eje de simetría del alumno sentado</p> <p>[G3] La profesora comienza a girar al alumno con los brazos abiertos con las pesas en las manos.</p>

Tabla 2: Demostración sobre la Conservación del momento angular.  
[Gi]: Gesto incorporado en la secuencia explicativa

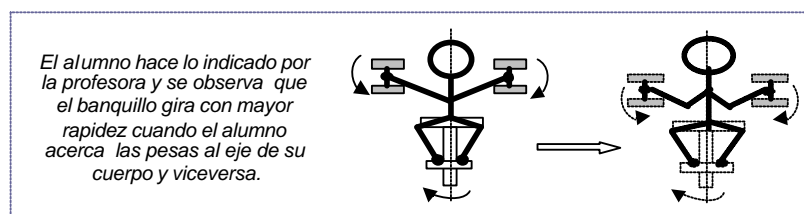


Figura 2: Experiencia: Conservación del Momento angular.

Lenguaje Oral	Lenguaje escrito	Gestualidad
<p>Profesora: <b>(Eso es lo que pasa cuando cambia el momento de inercia)</b>....el momento angular se conserva cuando la sumatoria de torques externos es igual a cero, <b>(se con-ser-va)</b> [Escribe en forma de ecuaciones en el pizarra: E1] Si se conserva, quiere decir que el momento angular [Escribe L en pizarra respecto a "o". E2] es constante y no quiere decir que la velocidad angular sea constante, porque ya sabemos que existen cuerpos rígidos que son capaces de redistribuir su masa de manera de cambiar su momento de inercia. Cuando las masas se acercan al eje de rotación [G4], la conservación del momento angular <b>(exige)</b> que la rotación se realice a mayor velocidad.... Entonces...al cambiar el momento de inercia, debe cambiar la velocidad angular, omega, para que el producto entre el momento de inercia y omega, "I" "por " ω" siempre se mantenga constante; que es lo que <b>§1)</b> debe mantenerse constante para que la sumatoria de torques es igual a cero.....</p>	<p>[E1]</p> $\sum \vec{\tau}_{ext} = 0 \Rightarrow \frac{d\vec{L}}{dt} = 0$ $\Rightarrow \vec{L} = C t t e$ <p>[E2]</p> $\vec{L}_o = C t t e$	<p>[G4] Acerca los brazos a al eje longitudinal de su cuerpo.</p>

Tabla 3: Demostración sobre la Conservación del momento angular.

La demostración realizada involucra tres pasos bien diferenciados: a. Una introducción en la que se recuerda a los alumnos la mención, en una lección previa, del caso que se desarrollará "en vivo" y a la vez se explica que, para ese caso, el torque neto es cero y por qué lo es. b. La demostración *per se*. c. Una vez finalizada la demostración y que los alumnos han observado lo que ocurre, se lleva a cabo un análisis detallado que permite al grupo clase construir paso a paso la explicación del por qué "físicamente" ocurre eso que sucede y que se observa de forma directa.

En tal caso, la explicación, que pudo resumirse en una ecuación de conservación del momento angular, se reelabora por medio de la incorporación de una actividad demostrativa que permite al grupo clase observar lo que sucede y contrastarlo con que la "teoría dice" que pasa cuando un sistema, cuyo momento angular permanece constante, modifica su momento de inercia. Consideramos que el "ensamble" de los diferentes modos comunicativos usados: las palabras de la profesora, los gestos (denotadas en general como G1, G2 y G3 en la tabla de transcripción), la acción, y el componente comunicativo visual que aporta la experiencia en si misma (los alumnos pueden "observar" lo que ocurre); convergen hacia el mismo fin: la construcción de significados. El proceso multimodal de construcción de significados se caracteriza por relación de colaboración que se establece entre cada uno de los modos usados por la profesora en la construcción de las explicaciones.

Otro ejemplo del uso de la demostración con la misma finalidad lo encontramos en el episodio siguiente. La profesora incorpora en su explicación una demostración usando un sistema real: una rueda que puede girar en torno a un eje acoplado a la misma y que pasa por su centro y que es sostenido por un alumno que sostiene tal conjunto sentado en un banco giratorio (tablas 4a y 4b, figura 3). El fin de la demostración es 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 la entidad 'momento angular' cambia.

Lenguaje Oral	Gestualidad
<p>Profesora: Vamos ahora a hacer otra experiencia, que también trata acerca de la conservación del momento angular [G1]. Sabemos que el momento angular es un vector y vamos a mostrar aquí que cuando el trata de conservar su dirección se produce algo que vamos a observar; que va a ser diferente a lo que observamos antes pero que se refiere exactamente a lo mismo, la conservación de "L". Trino vengase. Siéntate en el banquillo. [G2], esta es una rueda -que ustedes ya conocen porque la usamos en la clase de rodadura- que es especial para demostrar esto, para demostrar la conservación del momento angular. Es una rueda que tiene también un roce muy despreciable en el eje [G3] y que vamos a poner a girar.</p> <p>Cuando yo la pongo a girar [G4] y Trino está en reposo; la rotación de la rueda produce cantidades de movimientos lineales de cada una de sus partículas y por supuesto cada una de esas partículas tiene un vector posición respecto a algún origen que podríamos fijar por ejemplo en el eje de la rueda. Eso que implica, por supuesto, que la sumatoria de todos los momentos (<b>angulares</b>) de cada partícula nos va a dar un momento angular total de la rueda y que va a tener una dirección y sentido. ¿Qué dirección y sentido creen ustedes que debe tener el momento angular de esta rueda girando?. Girando en sentido horario, para ustedes, y en donde todas las partículas se mueven, asumimos, en el mismo sentido de la rueda como un todo. ¿Qué dirección y sentido tiene el momento angular de la rueda ?. [ ] <b>Si vemos una partícula, (esta partícula)</b> [G5], esta partícula tiene una velocidad tangente a su trayectoria [G6] y tiene un vector posición [G7] respecto a este origen [G8] que fijamos en el eje. Este vector posición y esta velocidad [G9] ¿qué ángulo forman entre sí?</p> <p>Alumnos: 90 grados</p> <p>Profesora: 90 grados, por lo tanto si yo multiplico "r" que es el vector posición, el radio de la rueda [G9], (<b>en módulo</b>), por la rapidez, el módulo del vector velocidad [G10] por la masa de la partícula [G11] por el seno del ángulo me va a quedar solamente "r" por "m" por "v" ; y esa dirección y sentido de ese vector - que es el producto vectorial- me va a quedar perpendicular al plano XY [G12] y de acuerdo al producto vectorial que estoy haciendo en este momento, como estoy haciendo r por v, [G13], me está quedando entonces un vector momento angular entrando [G14] hacia acá [G15]; tengo un vector momento angular que es perpendicular a la rueda y con sentido hacia mí. Este momento angular debe conservarse porque <b>no hay sumatoria de torques externos</b>), por lo tanto se debe conservar (<b>su módulo, su dirección y su sentido</b>).Vamos a ver que pasa cuando Trino comienza a mover la rueda que gira [EXPERIENCIA]: Todos observan lo que sucede: el alumno gira con el banquillo y cambia el sentido de giro cuando modifica el giro de la rueda.</p> <p>Profesora: ¿Qué creen ustedes que está pasando allí? [ ] [Pasea mirada por el grupo]. Hay un cuerpo en rotación, uno solo, la rueda [G16] y hay un momento angular del sistema porque Trino forma parte del sistema, Trino y el banco forman parte del sistema junto con la rueda. Pero el banco y Trino están en (<b>reposo</b>) y la rueda tiene un momento angular que es perpendicular a ella y tiene esta dirección y sentido [G17]</p>	<p>[G1] Señala la ecuación escrita en la pizarra.</p> <p>[G2] La profesora toma en sus manos una rueda con un eje que pasa por su centro y la coloca en las manos del alumno</p> <p>[G3] Hace girar la rueda.</p> <p>[G4] Pone a girar la rueda</p> <p>[G5] Coloca la mano izq. sobre la rueda "representando" la mencionada partícula</p> <p>[G6] Con la mano izq. ilustra y señala en la rueda la dirección y sentido del vector velocidad</p> <p>[G7] Indica la ubicación del vector posición de la rueda</p> <p>[G8] Señala un punto sobre el eje</p> <p>[G9] Los ilustra de nuevo con la mano izq.</p> <p>[G9] Ilustra otra vez el vector posición</p> <p>[G10] Con el dedo índice representa tal vector en la periferia de la rueda</p> <p>[G11] Ubica los dedos juntos sobre un punto de la rueda</p> <p>[G12] Hace gesto con mano izq. de la rueda hacia ella</p> <p>[G13] Ilustra este producto aplicando regla de la mano derecha</p> <p>[G14] Señala hacia ella</p> <p>[G15] Une ambas manos y las desplaza desde la rueda y hacia ella</p> <p>[G16] Toma la rueda en sus manos y la muestra</p> <p>[G17] Ilustra las mismas con mano izquierda</p>

Tabla 4a: El uso de la Demostración: Comprobación de Principios Físicos

[EXPERIENCIA]:

El alumno, manteniendo la rueda girando, la mueve lentamente de manera de ir modificando su posición. El grupo clase observa lo que sucede: el sistema formado por el alumno y el banco cambia su sentido de giro a medida que el alumno modifica la posición de

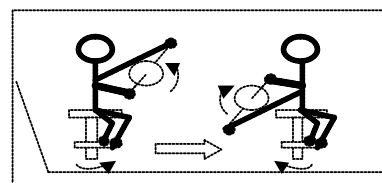


Figura 3: Demostración para comprobación de Principio Físico.

Lenguaje Oral	Gestualidad
Cuando Trino comienza a mover la rueda [G18] eso automáticamente haría cambiar la dirección y sentido del momento angular de la rueda ¿si o no?, pero el momento angular no quiere eso, el quiere conservarse en esta dirección [G19], entonces automáticamente aparece una (rotación) de Trino con el banco que produce (otro) momento angular [G120], que con el momento angular de la rueda [G21], me sigue dejando el vector momento angular del sistema en la misma dirección y sentido que estaba inicialmente. Esta es otra forma de ver la conservación del momento, para demostrar que el también intenta conservar su dirección, que es lo que nos pasa cuando vamos en una bicicleta....Cuando Trino comienza a mover la rueda [G22] eso automáticamente haría cambiar la dirección y sentido del momento angular de la rueda ¿si o no?, pero el momento angular no quiere eso, el quiere conservarse en esta dirección [G23], entonces automáticamente aparece una (rotación) del alumno 2 con el banco que produce (otro) momento angular [G24], que con el momento angular de la rueda [G25], me sigue dejando el vector momento angular del sistema en la misma dirección y sentido que estaba inicialmente. Esta es otra forma de ver la conservación del momento, para demostrar que el también intenta conservar su dirección, que es lo que nos pasa cuando vamos en una bicicleta....	[G18] Mueve la rueda y la mantiene en una posición dada. [G19] Señala la dirección horizontal con mano izquierda. [G20] Señala dirección vertical y sentido hacia arriba [G21] Señala dirección inclinada [G22] Mueve la rueda y la mantiene en una posición dada [G23] Señala la dirección horizontal con mano izq [G24] Señala dirección vertical y sentido hacia arriba [G25] Señala dirección inclinada

Tabla 4a: El uso de la Demostración: Comprobación de Principios Físicos

En este caso 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.

8.2 La visualización del comportamiento de determinados sistemas físicos. En el episodio mostrado seguidamente, la profesora intenta que su grupo clase visualice el comportamiento de elementos físicos como resortes o cuerpos cualesquiera y mostrar su comportamiento en determinadas situaciones. Para lo anterior, incorpora a la explicación que desarrolla de forma oral, un elemento material: un bolígrafo, que representa el resorte; así como diversos gestos que contribuyen a que lo alumnos 'visualicen' el movimiento del resorte al ser estirado o comprimido por un agente externo.

En el desarrollo del tópico Energía potencial, en el episodio (tabla 5) se observa cómo la profesora ilustra, con la ayuda de un "bolígrafo" (Figura 4), el comportamiento de un resorte, cuando se aleja de su posición de equilibrio (se estira).

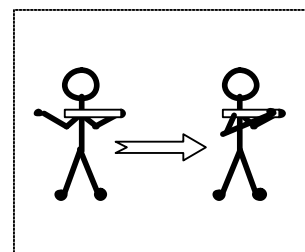


Figura 4: El uso de objetos materiales

Lenguaje Oral y otros modos comunicativos	Gestualidad
<p>Profesora: Que pasa cuando ya no es un campo gravitatorio? Ahora tenemos un resorte El resorte está en equilibrio; es decir no está deformado. Este es mi resorte [G1]. Este es su tamaño natural [G2], por este lado [G3] está atado a la pared y por este otro a una partícula. Comienzo a halar el resorte [G4]. Cuando yo lo halo, él se estira, desde aquí [G5] ...lo suelto. ¿Qué pasa cuando lo suelto?, [G6] la partícula comienza un movimiento ¿hacia dónde?</p> <p>Alumnos: Hacia la posición no deformada</p> <p>Profesora: (<b>Hacia la posición no deformada</b>) [G7], lo que pasa es que cuando pasa por la posición no deformada tiene una velocidad - y esa velocidad se tiene que reducir de alguna manera para poder detenerse- entonces pasa de largo [G8]; pero cuando pasa de largo, ahora el resorte empuja o hala hacia acá [G9] porque ahora la fuerza elástica es hacia acá [G10] y la aceleración también es hacia acá [G11] pero la velocidad es en sentido contrario, por lo que en el movimiento la rapidez de la partícula disminuye hasta que se detiene y comienza a moverse ahora en el sentido de la aceleración: ¿todos ven el comportamiento?....</p>	<p>[G1] Muestra en la mano izquierda un bolígrafo en posición horizontal,</p> <p>[G2] Muestra la longitud del bolígrafo</p> <p>[G3] Señala el extremo izq. del bolígrafo y luego el extremo derecha del mismo.</p> <p>[G4] Manteniendo el bolígrafo en posición horizontal, ubica los dedos índice y pulgar juntos en el extremo derecho y comienza a alejarlos de él y se detiene en un punto del espacio.</p> <p>[G5] Señala el extremo derecho del bolígrafo y vuelve a colocar los dedos en el punto anterior</p> <p>[G6] Separa los dedos</p> <p>[G7] Mueve rápidamente su brazo der. hacia su izquierda.</p> <p>[G8] Ubica dedo índice en el extremo derecho del bolígrafo y lo desplaza hacia su otro extremo.</p> <p>[G9] Mueve mano derecha de izquierda a derecha, hacia el extremo der. del bolígrafo.</p> <p>[G10] y [G11] Repite movimiento anterior.</p>

Tabla 5: El Uso de objetos materiales: comportamiento de sistemas físicos

La explicación acerca de lo observado se basa en argumentar de forma oral las razones físicas del comportamiento del resorte, apoyándose en entidades conocidas por los alumnos (desplazamiento, fuerza elástica, velocidad y aceleración), en el objeto material y en la incorporación de abundantes gestos a lo largo de la misma. Consideramos que con explicaciones de este tipo se promueve o entrena la capacidad de abstracción de los alumnos, ya que estos (y a medida que la profesora intenta presentar de forma oral y gestual y como algo real el movimiento del resorte, apoyándose en un objeto) deben 'ver' el movimiento del resorte cuando éste se estira y/o comprime y cuando se libera, la dirección y sentido de la fuerza elástica en cada caso, el desplazamiento del resorte, la velocidad y cómo ésta varía al cambiar el movimiento del resorte; todo mientras, a la vez, comprueba que lo que sucede está fundamentado físicamente.

8.3. La visualización de entidades no visibles: La visualización de entidades 'no visibles' como por ejemplo la del episodio siguiente, y en el cual la profesora intenta que los alumnos 'vean' por qué los cambios infinitesimales de la posición angular (base de la definición de velocidad angular), tiene carácter vectorial (figura 5):

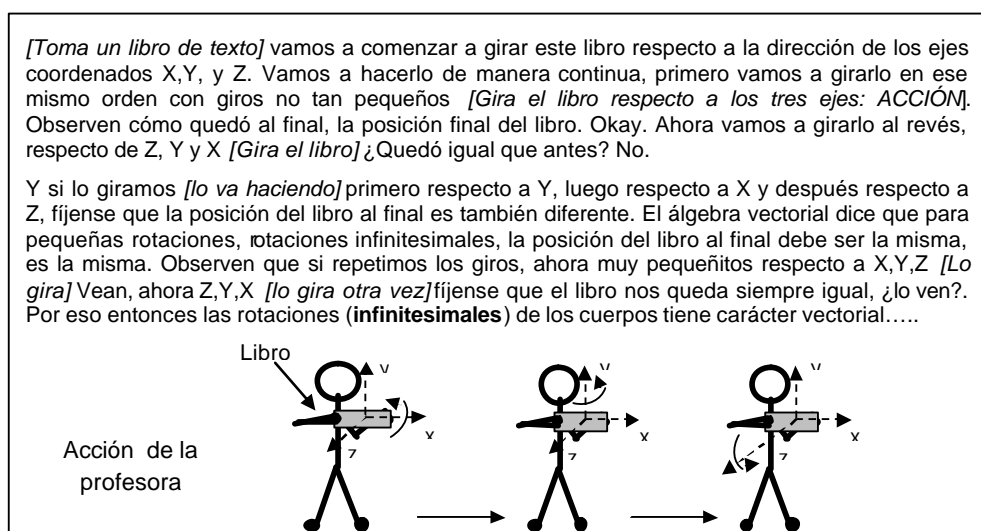


Figura 5: Demostración orientada a la visualización de entidades.

En otro episodio, encontramos también, cómo la profesora incorpora el uso de un objeto material para re-elaborar una explicación que no queda clara a un alumno, incorporando el uso de una mochila (morral) para hacer que éstos 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 6):

Profesora:...Cuando bajo el cuerpo -también a velocidad constante- el trabajo realizado por el peso es  $mgh$  y yo realizo un trabajo menos  $mgh$  ¿es eso correcto?

Alumno 3: Sí porque la fuerza es hacia arriba y el desplazamiento hacia abajo.

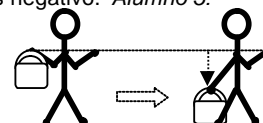
Profesora: Claro, ¿mi fuerza es para abajo ahora?, no, sigue siendo para arriba porque la fuerza que yo aplico - si hago un diagrama de cuerpo libre de esa caja y la dejo allí yo pintaría el peso y pintaría la fuerza que yo hago [*Hace simulación de tener alzada con ambas manos la caja*] como una normal, como una fuerza que sostiene la caja; yo no estoy empujando la caja [*hace gesto de empujar hacia abajo*]... mi fuerza sigue siendo -aun cuando la caja baje- una fuerza hacia arriba, el desplazamiento es hacia abajo, ahora el peso hace un trabajo  $mgh$ , ahora yo hago un trabajo menos  $mgh$ . ¿Se entendió? Alumnos. Noooo

Profesora: Okey, ¿cuál parte? Alumno 4: por qué que el trabajo del peso es menos  $mgh$

Profesora: No, no. El trabajo cuando (**yo**) bajo la caja, ahora mi trabajo es negativo. Alumno 5: ¿Y como?

Profesora: ¿Porqué es negativo?, porque yo estoy aplicando una fuerza para arriba - porque es que cuando yo bajo algo - voy a agarrar este morral -mi fuerza pudiera representarse como una tensión- en este caso porque agarro el morral así- [*Muestra como lo hace*].

Porque aunque yo lo esté bajando [*desplaza el morral hacia abajo*], ¿porqué no cae en caída libre?, porque hay una fuerza para arriba que en este caso funciona como una tensión, entonces esa fuerza es para arriba; el desplazamiento es para abajo; entonces el ángulo entre fuerza y desplazamiento es  $180$  grados; el coseno es menos uno y el trabajo realizado por mi fuerza es negativo, menos  $mgh$ .



La función de esta demostración y la acción de la profesora durante el desarrollo de la misma, es la de reforzar la visión; el 'ver', las entidades fuerza, desplazamiento y el trabajo mecánico, de signo negativo, realizado por la fuerza y que evita que el cuerpo describa una caída libre. Cuando la demostración se incorpora en la explicación una vez vistos los aspectos teóricos que la fundamentan (como en los episodios antes expuestos), decimos que la función desempeñada por ésta es la de 'verificar' que los fenómenos se suceden tal como la teoría lo predice. En este caso, es posible *justificar*, y a medida que sucede, la situación, hecho o principio físico que se demuestra, retomando aspectos teóricos conocidos previamente. Tal interpretación cambia, si la demostración se incorpora antes del desarrollo teórico correspondiente; en este caso, actuaría como agente motivador o impulsor de la construcción de significados.



## **6. Conclusiones**

### **6.1. Respecto al marco teórico usado para el análisis desde la perspectiva didáctico-comunicativa (Ogborn, et al. 1996)**

El modelo tiene aspectos de gran especificidad que lo hacen especialmente útil para entender la actuación de los profesores en las clases de ciencias, y en particular de física, clases que tienen unas características que las diferencian de las de otras materias, la más importante de las cuales es la relación entre los conceptos y teorías científicos y el mundo real. Las categorías definitivas de análisis, elaboradas desde la perspectiva didáctico-comunicativa, nos permitieron la caracterización de las clases de física. Aun cuando dentro de la obra de Ogborn et al. (1996) podamos encontrar recursos para la transformación de conocimiento que podríamos considerar argumentativos, el autor los mira más desde un punto de vista retórico-comunicativo, no habla explícitamente de argumentación, su objetivo no parece ser la argumentación usada en las clases.

### **6.2. Respecto al marco teórico usado para el análisis desde la perspectiva retórico-argumentativa (Perelman y Olbrechts-Tyteca ,1989)**

El referente teórico aportado por la Teoría de la argumentación resultó ser una herramienta potente para analizar el discurso en el área de la didáctica de las ciencias. Permite integrar en un solo marco los aspectos de argumentación verbal, visual y las experiencias demostrativas usando objetos materiales, que desde otras perspectivas podrian verse completamente separados.

### **6.3. Respecto al proceso de construcción de significados**

- a. El proceso de construcción de significados representa un 'todo' en el que confluyen una serie de elementos que tienen que ver con la naturaleza de la 'audiencia' (los alumnos) de las clases de física, con los aspectos base para la elaboración de las explicaciones (o puntos de partida de las explicaciones); que han de relacionarse con las necesidades de 'saber más' del alumnado y con la forma como las profesoras 'eligen' abordar la construcción de significados científicos, y que a la vez se configura con los recursos y los modos comunicativos usados.

- b. Las 'elecciones' de las profesoras sobre cómo contribuir a que los alumnos construyan significados en sobre un determinado conocimiento científico, generan unas explicaciones que de forma global se caracterizan por una forma de organizar y presentar los contenidos, y por la elección de unas estrategias didácticas y recursos en que se apoyan para la construcción de significados. Las 'elecciones' de las profesoras, varían entre sí, aún en la explicación de un mismo tópico. Las explicaciones, en términos generales, van de lo general a lo específico, y las entidades se presentan unas veces de forma que parecen 'reales' y cercanas a los alumnos, y otras, en base a la introducción de las nociones mediante a desarrollos matemáticos.
- c. Algunos de los recursos usados por las profesoras para aportar a los alumnos razones 'convincientes' son: el ejemplo, la ilustración y la analogía. La ilustración y el ejemplo se elaboran en base a experiencias de la vida cotidiana, trasladando los significados cotidianos compartidos a científicos que habrá que compartir mediante el establecimiento de relaciones entre los mismos. En las analogías elaboradas se 'comparan' entidades de campos científicos diferentes. Otras veces, la comparación se hace entre entidades del campo científico y cotidiano. Por su naturaleza actúan como 'puentes' que relacionan y, a la vez, facilitan la conexión del conocimiento, científico o social, previo de los alumnos y el nuevo conocimiento a aprender. Otros recursos específicos incorporados en las explicaciones para convencer de la visión científica, se fundamentan, desde el la perspectiva retórico-argumentativa, en argumentos por la definición, la contradicción, así como en relaciones de: autoridad, causa-efecto, y proporcionalidad directa o inversa. Como era de esperar en una clase de física universitaria los argumentos más abundantes son de tipo cuasilógicos por la definición y de causa efecto.
- d. La variedad de recursos argumentativos usados en las explicaciones contribuyen a un aprendizaje menos memorístico y más significativo, por su enorme potencial para contribuir al aprendizaje a partir de lo ya conocido y para relacionar y organizar el nuevo conocimiento; para transformarlo y/o para sugerir nuevos significados al mundo material. La forma de trabajo en las clases, nos afianzan en la visión de unas profesoras que pretenden una enseñanza no 'impositiva' sino 'razonada', argumentada; pero que seguramente no son conscientes de la importancia de la argumentación en la construcción compartida de significados, hecho que se nota porque falta, en general, en

las clases una meta-reflexión sobre como se argumenta o justifica el conocimiento científico.

#### **6.4 Respecto al uso de la demostraciones y de los objetos materiales**

La 'acción', en la forma de una demostración o práctica (Jewitt, Kress, Ogborn, & Tsatsarelis, 2001) constituye un valioso recurso para la construcción de significados científicos. En las demostraciones los objetos materiales utilizados se convierten en objetos semióticos, en signos dotados de significados. Mediante las mismas, las palabras adquieren significados través de la experiencia que se lleva a cabo. Mediante éstas se persigue que el grupo clase visualice, en el aula de clases ('en vivo'), lo que la teoría, para una situación y bajo ciertas condiciones específicas, dice que sucede; dando, a la vez, la posibilidad de realizar un análisis de lo que acontece y a medida que acontece.

Encontramos que la incorporación de objetos materiales en las explicaciones básicamente permite:

- a. La comprobación de principios físicos. Las mismas acompañadas de explicaciones verbales (oral y escrita), representan una poderosa herramienta ya que permite a los alumnos visualizar aquello que "la teoría dice", cuando la experiencia se hace luego de cubiertos los aspectos teóricos que la sustentan.
- b. Dar a conocer o mostrar el comportamiento de sistemas físicos.
- c. Facilitar la visualización de entidades no visibles.
- d. Captar y mantener la atención de los alumnos (aspecto retórico).
- e. Causar expectativas, motivar e impulsar el proceso de construcción de significados
- f. Poner a la vista fenómenos o situaciones para luego exponer el principio, ley o parte de la mecánica que explica 'eso' que se muestra.
- g. Dar legitimidad a las leyes, modelos y teorías científicas.

Consideramos que la incorporación de las demostraciones aporta elementos que contribuyen al convencimiento de los alumnos, la construcción de significados científicos y la 'validación' de los significados previamente construidos.

## 6.5 Respetto a la obtención de 'datos' sobre el convencimiento de los alumnos

Otros elementos importantes de la construcción de significados tiene que ver con cómo las profesoras obtienen datos sobre el convencimiento y la intensidad de la adhesión de los alumnos a los conocimientos que se construyen en las clases. Las profesoras no tienen forma de 'medir' la intensidad de la adhesión de los alumnos a las cuestiones que les presentan durante las clases; pero a los fines de obtener 'indicios' de la misma, formulan preguntas al grupo clase y usan elementos no verbales de la comunicación como el contacto visual (la mirada) y la interpretación del silencio de los alumnos. Este aspecto, también nos deja ver el interés de las profesoras en la audiencia y en sus necesidades, durante el proceso de construcción de significados.

## Referencias

- Castells, Marina. (2005). **¿Qué podemos aprender sobre las explicaciones de los profesores partiendo de una perspectiva retórico-argumentativa-comunicativa?**. Libro de actas del V Encuentro nacional de investigación en educación en ciencias. (V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, V ENPECI). Sao Paulo. Disponible en: <http://www.fc.unesp.br/abrapec/venpec/atas/conteudo/conferencias/c5.pdf>.
- Cros, Anna. (2003): **Convencer en clase. Argumentación y discurso docente**. Barcelona: Ariel Lingüística.
- Driver, Rosalind. Newton, Paul & Osborne, Jonathan (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education** 84 (3), p.287-312.
- Duschl, Richard & Ellenbogen, Kirsten. (1999). Middle School Science Students' Dialogic Argumentation. In Michael Komorek (Eds.) **Proceedings Second International Conference of European Science Education Research Association, ESERA: Research in science Education, Past, Present and Future**, Kiel. 1999. 2, 420-423.
- Duschl, Richard & Osborne Jonathan. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. **Studies in Science Education**, 38, p.39-72.
- Erduran, Sibel & Jimenez-Aleixandre, María del Pilar. (Eds.) (2008). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer.
- Jewitt, Carey. Kress, Gunter. Ogborn, Jon & Tsatsarelis, Charalampos. (2001) **Multimodal teaching and learning: rhetorics at the science classroom**. London and New York: Continuum.

- Lemke, Jay. (1997). **Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores** (edición original en inglés: 1993: Talking Science: Language, learning and values).
- Lemke Jay. (1998). Multipling meaning: visual and verbal semiotics in scientific text In Martin, Jim & Veal, Robert. (eds ). **Reading Science: critical and functional perspectives on scientific discourse** London: Routledge
- Lemke, Jay. (1999). **Teaching All the Languages of Science: Words, Simbols, Images, and Actions.** Disponible en: <http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/jll-new.htm>
- Márquez, Conchita. (2002): **Comunicació multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua.** Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Márquez, Conchita, Izquierdo, Mercè, & Espinet, Mariona. (2001). **Interacciones en la sala de clase. Diálogo: Comunicación Multimodal.** Thesalonihí, Grecia.
- Martins, Isabel & Porto, Carlos. (2001). **Onda ou Partícula? Argumentação e Retórica na Aprendizagem da Natureza da Luz.** VII encuentro de Pesquisas en la enseñanza de la física. Florianópolis, Brasil. Disponible en <http://www.sbf1.if.usp.br/eventos/epef/vii/programa1.htm>.
- Ogborn, Jon. Kress, Gunter. Martins, Isabel & McGillicuddy Kieran. (1996). **Explaining science in the classroom.** Open University Press.
- Perelman, Chaim & Olbrechts-Tyteca Lucille. (1989) **Tratado de la Argumentación. La Nueva retórica.** Madrid: Gredos.
- Perelman, Chaim. (1988). **El imperio retórico. Retórica y argumentación.** Barcelona, España: Editorial Civitas.
- Piaget, Jean. (1988). **Seis Estudios de Psicología.** Barcelona –Buenos Aires – México
- Sáez y Casas, Albert. (1999): **De la representación a la realidad. Propuestas de análisis del discurso mediático.** Deria editors. Barcelona.
- Schön, Donald. (1992). **La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la formación y el aprendizaje en las profesiones.** Madrid: Paidós MEC.
- Stake, Robert. (1995). **The art of case estudy research.** London: Sage Publications
- Stake, Robert. (1998). **Investigación con estudio de casos.** Madrid: Morata