



Una aproximación semiótico- comunicativa a las explicaciones de física universitaria

University Physics explanations: a semiotic
communicative approach

Thamara J Fagundez

Departamento de Física, Facultad de Ingeniería
Universidad de Carabobo, Venezuela
tfagunde@uc.edu.ve

Marina Castells

Departamento de Ciències Experimentals i la Matemàtica
Facultat de Formació del Professorat
Universitat de Barcelona
marina.castells@ub.edu

Resumo

El propósito del estudio es indagar la actuación de profesores experimentados a partir del estudio y caracterización de explicaciones en clases de física en una facultad de ingeniería. La aproximación metodológica es cualitativa y está enmarcada en un estudio descriptivo-interpretativo de casos. Considerando el carácter social, didáctico, semiótico, comunicativo y multimodal de las clases de ciencias, seleccionamos el referente teórico básico el aportado por Ogborn (1996). Este referente nos permite deducir una interesante propuesta analítica y metodológica para el estudio de las explicaciones. El estudio aportó ‘pistas’ acerca de ‘cómo’ los profesores transforman su conocimiento en uno ‘enseñable’ y que contribuye al desarrollo de habilidades y capacidades requeridas a un estudiante de ingeniería para ser un profesional competente. Extraemos también elementos de la práctica docente que pueden usarse como material de enseñanza en programas orientados a la mejora de la práctica del profesorado ‘novel’ y/o más experimentado de física.

Palavras-chave: Análisis del discurso, Didáctica de la Física, Formación del profesorado

Abstract

This research aims at investigating the performance of experienced teachers based upon the characterisation of explanations in a physics classroom in an Engineering Faculty. The methodology is qualitative and involves a descriptive-interpretative case study. Considering the social didactic semiotic communicative and multimodal dimensions of science classrooms Ogborn et al's theoretical framework (1996) was selected to analyse explanations. The study yields hints of how teachers transform their knowledge into 'teachable' knowledge, contributing to develop the abilities required to make students competent professionals. Also we discuss implications and possibilities of development of teaching materials for teacher professional development courses.

Key words: discourse analysis, physics education, teacher education

El problema de la investigación

Un aspecto característico de la práctica profesional del ingeniero es su capacidad para resolver situaciones problemáticas. Para esto, requiere de una plataforma conceptual, un juicio apropiado, sentido común y ético, y el saber usar sus conocimientos y 'saberes' para reducir el problema real a uno de tal forma que el 'conocimiento científico' pueda ser aplicado para solucionarlo.

En la formación básica del ingeniero, 'la física' cumple función esencial en dos aspectos, conceptual y formativo: promueve el aprendizaje de conocimientos fundamentales y el desarrollo de capacidades esenciales, como la abstracción, organización, análisis, metodología para resolución de problemas y comunicación; habilidades deseables para el futuro desempeño profesional y que configuran el 'perfil' del ingeniero. En la enseñanza de la física, al profesor se le presenta el desafío de integrar la enseñanza de contenidos disciplinares con el desarrollo de aspectos formativos más transversales, por tanto, su 'hacer' en el aula ha de contribuir al desarrollo de las competencias necesarias para el profesional de la ingeniería. Parte importante del hacer en el aula son las explicaciones desarrolladas, por lo que el estudio de las mismas se presenta como una buena forma de conocer 'cómo' los profesores transforman su conocimiento de la materia en una forma que contribuya a que los alumnos construyan significados.

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.

Objetivos específicos

- A. Elaborar un marco analítico para el estudio de explicaciones desarrolladas en clases de física universitaria
- B. Identificar los elementos semiótico-comunicativos que caracterizan las explicaciones de profesores experimentados de física.

Marco teórico

La investigación en Didáctica de las Ciencias y el estudio de las explicaciones

Desde hace unos años ha habido un interés creciente en investigación en Didáctica de las Ciencias por el estudio de las interacciones discursivas en las clases de ciencias (Roth y Lucas, 1997; Mortimer & Scott, 2003). Estos y otros estudios en la misma dirección se interesan más por las maneras cómo los significados científicos se elaboran en el contexto de toda una clase. Un renovado interés por la actuación del profesor en las clases de ciencias ha surgido (Ogborn et al., 1996) y la concepción del profesor como facilitador de actividades para el aprendizaje, que correspondía al constructivismo personal, cambia a considerarlo como un actor clave en el proceso de construcción de significados científicos que se ve primero a nivel social (Vygotsky, 1978) y después a nivel individual. De acuerdo a tal perspectiva, la educación científica se puede considerar como un proceso de construcción de significados que se produce a través de las interacciones profesor-estudiantes, y estudiantes-estudiantes. A estas interacciones se añade la interacción con el mundo material que la ciencia trata de explicar.

La explicación en las clases de ciencias es multimodal, ya que cuando se explica ciencias, hay elementos del lenguaje oral y del escrito, pero también hay elementos del lenguaje gráfico y de los lenguajes formales matemáticos (Lemke, 1998a,b). 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. Esta característica de explicar 'haciendo cosas' con objetos, aparatos, etc. es fundamental y distintiva de la explicación en las clases de ciencias. Por eso, para la interpretación de lo que pasa en las clases de ciencias se empieza a acudir a nuevas perspectivas teóricas ligadas a 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), entre otras.

El referente de Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996).

Para el análisis de las explicaciones seleccionamos la obra 'Formas de Explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria'¹ aportada por Ogborn et al. (1996). 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 éstos. El estudio que genera la obra se lleva a cabo desde una perspectiva de la comunicación, en particular relacionada con el Análisis crítico del discurso (Hodge & Kress, 1988; Martin, 1992) y la Semiótica social (Hodge & Kress, 1989). Considera una serie de aspectos relacionados con la forma como los profesores de ciencias elaboran explicaciones. Según tal referente entre las componentes de las explicaciones están:

1. *Las explicaciones científicas son análogas a historias*, hay unos protagonistas, las entidades científicas, 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 a determinados hechos del mundo material.
2. *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

¹ Título original: Explaining science in the classroom.

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 sea *transformado o reelaborado*. Tal reelaboración implica, una elección de cómo organizar y presentar los contenidos disciplinares. En este sentido, dada la naturaleza de las clases de física y la imposibilidad de construir conocimientos científicos en función de un único modo comunicativo, incorporamos los aportes sobre la multimodalidad en la enseñanza de las ciencias (Lemke, 1998; Kress, Ogborn, Jewitt, Tsatsarelis, 2001). Otros aspectos importantes del modelo son la *relación de la explicación con el mundo material*, que para él, tiene mucho de retórica, ya que aportan razones para el convencimiento plausible de los estudiantes.

Diseño metodológico

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. Por otra parte, y 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.

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.

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 (la mirada), etc. (Tabla I).

FASE 4: La elaboración de las categorías de análisis. *En esta parte se elaboran las categorías de análisis (Figura 1). Tal elaboración se hizo tomando como base los principales componentes de las explicaciones según el referente de Ogborn y los aportes sobre la multimodalidad en la enseñanza.*

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.*

Análisis y Resultados

En este apartado presentamos la forma de analizar y los resultados conjuntamente con la ilustración de aspectos analizados en algunos fragmentos explicativos.

La creación de necesidad de las explicaciones se observa en cualquier punto a lo largo de la clase, y para esto se utilizan diferentes estrategias caracterizadas por su orientación a la creación de expectativas basada en el uso de estrategias que generan conflicto cognitivo en los alumnos (por ejemplo proponiendo enunciados para juzgar si son, o no, correctos, o la imaginación de situaciones). Otra estrategia es la anticipación de aspectos de contenido mediante su incorporación en textos explicativos, estructuras esquemáticas y en razonamientos por la analogía. En el fragmento siguiente observamos una situación enunciada para juzgar su veracidad:

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

Profesora: cierto, ¿por qué? Alumno 1: Si tiene mayor velocidad es porque tiene más potencia

Profesora: por aquí me dicen que si tiene mayor velocidad es porque tiene más potencia. Por allá [Señala a un alumno al fondo del aula] ¿qué dicen?
Alumno 2: Es falso

Profesora: dicen que es falso, ¿Por qué? Alumno 2: Bueno, ¿... depende de las condiciones del sistema?

Profesora:El aumento de la cilindrada optimiza el trabajo del motor, puede hacer más trabajo en menos tiempo, es decir más potente es. Okey. Repito, el mismo carro, las mismas condiciones, lo único es que uno es de tres y el otro es de cuatro cilindros [] uno va a 20 m/s de aquí a allá [hace gesto indicando esto] y el otro a 40m/s también de aquí a allá [repite gesto anterior, indicando esto]. Yo puedo afirmar que cuando el carro va más rápido, y que tiene mas cilindros, desarrolla mayor potencia ¿si o no?, ¿cierto o falso? [] . Alumnos. Cierto

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

Alumno 5: Profesora también porque delta k vale cero.

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

Tal estrategia resulta poderosa para crear conflictos cognitivos, motiva discusiones en el aula, contribuye a mantener a los alumnos en una actitud atenta y orientada al análisis y la confrontación con los conocimientos previamente construidos.

La elaboración de las entidades. Las profesoras usan mayoritariamente como estrategias: a) el establecimiento de semejanzas entre entidades por medio de las analogías, b) el planteamiento de estructuras de conocimiento esquemático, c) el planteamiento de confrontaciones entre entidades diferentes y d) la exposición (en el sentido de ‘mostrar’) las entidades desde otros puntos de vista.

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: [*Hace gesto facial de inconformidad*] [] 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 [*Hace movimiento con la mano izquierda describiendo un semicírculo para ilustrar la idea de Áurea*] alrededor de esa propiedad.

En el fragmento, la Profesora B elabora la entidad ‘campo gravitatorio’ haciendo una analogía entre el ‘campo’ y el ‘aura’, y que no presupone en ningún momento la existencia de una igualdad de forma simétrica entre las misma, sino que establece una semejanza entre las entidades. El propósito de la analogía, por su orientación a ‘mediar’ entre los dos campos (científico y no científico), es explicativo.

La reelaboración del conocimiento se asocia con la forma como se lleva a cabo la explicación. Tiene que ver con los recursos incorporados en las mismas para reelaborar el conocimiento y con los modos comunicativos usados por las profesoras. Los resultados más relevantes en relación a este aspecto son:

Las tres profesoras usan como recursos para la reelaboración del conocimiento la analogía, la metáfora y los relatos. La analogía es la más usada. En el fragmento la profesora C construye la entidad ‘fuerza no conservativa’, elaborando una explicación que incorpora una doble analogía comparando, en una, el efecto del roce en un bloque de tiza y en la energía, y otra el efecto del roce y del peso en la energía.

Profesora:Estamos hablando acerca de que el peso no produce pérdidas de energía; okey, puede que el produzca un descenso de energía cinética pero simultáneamente va aumentando la potencial gravitatoria....; solo existe transformación de un tipo de energía a otra. Cuando hablamos del roce ¿qué pasa? Imagínense ustedes que yo sujeto un bloque gigante de tiza y lo llevo arrastrando desde aquí hasta el Decanato; pero cuando llego al decanato me doy cuenta que dejé un camino blanco de aquí hasta allá. Entonces me regreso arrastrando la tiza exactamente por la misma trayectoria para recoger la tiza que dejé antes ¿qué va a pasar? Alumnos: varias respuestas in entendibles

Profesora: Que el camino va a quedar más blanco todavía, porque la masa que perdí en mi viaje de ida no la voy a recuperar en mi regreso (**¿por qué?**), (**Porque el roce produce desgaste**), porque lo que el roce hace que se pierda no se puede recuperar; lo mismo pasa con la energía, el efecto del roce en la energía es igual; no es como el efecto del peso; cuando un cuerpo cae desde una altura h , por ejemplo- [*Ubica la mano izq. a una altura dada*] sin considerar la resistencia del aire- sabemos que en virtud de su posición tiene almacenada una cierta energía potencial, (**energía potencial gravitatoria**); a medida que el cuerpo cae pierde energía potencia –que depende de su posición- ; pero gana energía cinética que depende de su movimiento de tal manera que al final la energía potencial se transforma en otra energía, (**la cinética**). La energía se transformó []. El roce o fuerza de roce no permite la recuperación de la energía...; por eso el roce es una fuerza [¿?]

A lo largo del proceso de análisis encontramos la incorporación de ilustraciones y ejemplos; así como la estrategia de dotar de cualidades humanas a las entidades físicas (términos ‘antropomórficos’) como otros recursos para contribuir a la reelaboración de conocimientos. En el fragmento siguiente encontramos cómo la profesora B elabora una explicación con la que intenta la construcción de significados relacionados con el movimiento de rotación pura, incorporando una ilustración basada en el movimiento de un CD:

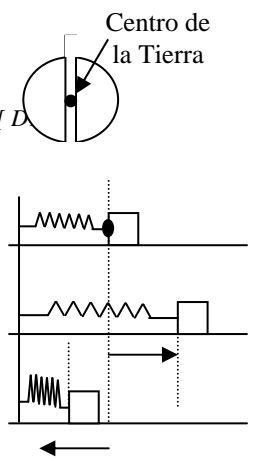
...Cuando empezamos a describir trayectorias circulares, todas alrededor de un centro y en donde todos los centros están en el mismo eje y el eje está en reposo, estamos en rotación (**pura**). El movimiento de la tierra es un movimiento muy complicado de estudiar... el movimiento de la Tierra, por ejemplo, es un movimiento que no es de 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 carro

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

En relación a los *modos comunicativos* usados, las explicaciones elaboradas combinan el uso de diferentes modos comunicativos: Oral, escrito (títulos, nomenclatura y unidades, desarrollos matemáticos, esquemas), Visual (representaciones convencionales y de sistemas físicos, representaciones de situaciones o de fenómenos físicos, gráficas), y Gestual, enlazados o integrados 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. Encontramos que cada modo comunicativo contribuye a crear porciones de significados; y donde al enlazarlos, contribuyen a la construcción de un mismo significado. Entre los aspectos que caracterizan el *lenguaje oral*, están: el uso de la terminología que la física asigna a las entidades que en ella subyacen; la modalidad de expresión es asertiva e interrogativa, y esta última se presenta en tres formatos: pregunta retórica, preguntas orientadas a respuestas monosilábicas, cortas o fáciles y preguntas con fines dialógico-constructivos, las formas verbales utilizadas son en presente y presente con matiz de futuro (caracterizada ésta por el uso de expresiones del tipo ‘vamos a’). Finalmente, las profesoras usan como estrategias para resaltar, enfatizar o fijar la atención de los alumnos el énfasis vocal, la repetición y la expresión silábica. En el fragmento se desarrolla para contribuir a la construcción de significados respecto a la entidad energía potencial elástica vemos los modos comunicativos usados:

Lenguaje Oral	Lenguaje escrito y visual ¹	Gestualidad
<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. 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>

La incorporación de *objetos materiales* para hacer demostraciones es usado también para atribuir significado a la materia y contribuir a la construcción de significados científicos. El fragmento muestra el uso de objetos materiales durante una clase orientada a la construcción de significados en relación al *efecto del cambio de momento de inercia en la velocidad*

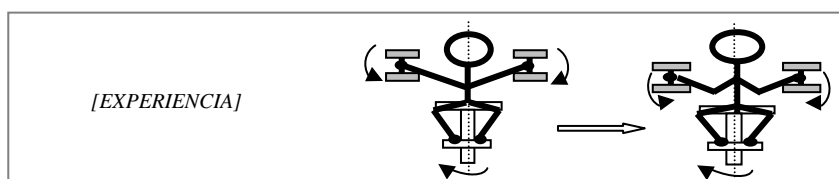
angular de un sistema cuyo momento angular se conserva: un incremento o disminución de la misma.

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]

Alumnos: Inaudible

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].

Profesora: **(Eso es lo que pasa cuando cambiamos el momento de inercia)**, dijimos que el momento angular se conserva cuando la sumatoria de torques externos es igual a cero, **(se con-ser-va)** [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 que sea **(constante)** 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 **(exige)** 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...



La explicación, que pudo resumirse en una ecuación de conservación del momento angular, se reelabora con la incorporación de una actividad demostrativa que permite observar lo que sucede y contrastarlo con que la *'teoría dice'* que pasa cuando en un sistema, cuyo momento angular permanece constante, se modifica su momento de inercia.

La *búsqueda de la comunicación* y la interacción, durante las clases se lleva a cabo permitiendo la intervención espontánea de los alumnos, fomentando el diálogo con el grupo clase mediante el planteamiento de situaciones conflictivas, las preguntas, el aporte de nueva información cuando es necesaria y mediante el uso de elementos no verbales de la comunicación como el contacto visual (la mirada) y la interpretación del silencio de los alumnos. A lo largo de diferentes lecciones, las profesoras realizan acciones para comprobar la atención, seguimiento y/o comprensión de los alumnos a las explicaciones elaboradas, y las

adapta a las necesidades de éstos. Tal proceso de *adaptación de las explicaciones* (aspecto retórico), se evidencia a través de las pausas y las comprobaciones (por preguntas y otros mecanismos no verbales) que se llevan a cabo a lo largo de las lecciones (consideración de la audiencia). Tales acciones contribuyen a un acercamiento con los alumnos y brinda oportunidades de participación y/o interacción entre los participantes del proceso educativo.

Conclusiones

En relación a la elaboración del marco analítico para el estudio de las explicaciones

La aplicación del marco teórico fundamentado en el libro de Ogborn y los aportes sobre la multimodalidad en la enseñanza, permitió conocer en detalle y de forma integral, las características de las explicaciones sobre tópicos de mecánica en el contexto de la enseñanza de la física a nivel universitario inicial. El marco analítico tiene aspectos de gran especificidad que lo hacen especialmente útil para entender la actuación de los profesores en las clases de ciencias.

Algunas de las categorías del modelo han resultado interesantes, en concreto las nociones de creación de diferencias y de dotar de significado a la materia. Estas aportaciones son nuevas para la Didáctica de las Ciencias y hacen cambiar muchos aspectos de la manera de ver lo que pasa en las clases, especialmente en relación a la actuación de los profesores, que nos hace mirar una clase más como un procesos comunicativo y retórico de significados científicos.

Algunos de los descriptores del modelo de Ogborn nos han resultado poco operativos para analizar la actuación de los profesores de física universitaria, hecho que nos ha llevado a redefinir algunos de ellos, y a ampliarlos al incorporar aspectos surgidos del estudio exploratorio previo. Por ejemplo, el descriptor 'reelaboración según la forma como se hace' se amplía considerando que la misma está estrechamente relacionada con los recursos (comparación, analogía, metáfora, relato, ilustración, etc.) y los modos comunicativos usados. (Ver Figura 1)

En relación a los elementos semiótico-comunicativos que caracterizan las explicaciones

Los aspectos ligados a la audiencia: Las profesoras *preparan a los alumnos* anticipando aspectos del contenido que se desarrollará. Aspectos del lenguaje oral: lo que dicen, cómo lo dicen, el vocabulario empleado, las preguntas incorporadas y el hacer referencia a los intereses de los alumnos; así como otros elementos no verbales de la comunicación: gestos, movimientos, expresiones, posturas, etc., y el silencio de las profesoras para establecer pausas, destacar ideas, entre otros, *contribuyen a captar y mantener la atención* de los alumnos.

La consideración y adaptación a la audiencia: La información obtenida por las profesoras sobre la comprensión y seguimiento de los alumnos a las explicaciones, a partir de elementos verbales de la comunicación mediante las interacciones en el aula, permite ajustar las explicaciones a las necesidades que los alumnos hacen visibles en cualquier punto de la lección. A través de elementos no verbales de la comunicación, como la mirada y la interpretación del silencio de los alumnos, las profesoras también extraen información del seguimiento de los alumnos a sus explicaciones en cualquier punto de la clase. *La*

consideración de la audiencia desencadena, en términos generales, *la adaptación del discurso* a la audiencia.

En relación a la construcción de conocimientos científicos: El proceso de construcción de significados representa un *todo* en el que confluyen elementos que tienen que ver con la naturaleza de la audiencia (estudiantes de ingeniería) y necesidades del alumnado, los puntos de partida para la elaboración de las explicaciones y la forma como las profesoras *eligen* abordar la construcción de significados científicos, y que incluye recursos y modos comunicativos usados.

El modo como las profesoras transforman sus conocimientos disciplinares en formas apropiadas al nivel de sus alumnos y para que puedan ser aprendidos (la transposición didáctica) se puede ver a través de las explicaciones que éstas elaboran, más específicamente, en la *elección* de las profesoras sobre cómo elaborar las explicaciones. Tal *elección* no en todos los casos resultaron ser las más adecuadas, ya que se evidenció que en algunas oportunidades contribuyeron a confundir a alumnos; y por tanto, afectaron el proceso de construcción de significados científicos. No identificamos transposiciones didácticas creativas que se separen o rompan con las tradicionales transposiciones didácticas en un curso de física general. Por otra parte, aún cuando encontramos la consideración de algunas concepciones comunes de los alumnos para la elaboración de explicaciones, no hemos visto transposiciones basadas en otras más específicas.

El referente teórico que enmarca el estudio, permite identificar algunos de los recursos o *razones* usadas por las profesoras para contribuir a la construcción de significados científicos. Entre estos están *el ejemplo, la ilustración, la analogía y la metáfora*. Estos no tratan de establecer verdades evidentes, ni de imponer el conocimiento del profesor, al contrario buscan mostrar el carácter razonable de determinadas afirmaciones u opiniones, y lograr el asentimiento de los alumnos en base a procesos retórico-argumentativos que ayudan a hacer plausible el conocimiento que se va construyendo.

Detectamos la elaboración de analogías confusas y poco clarificadoras que puede contribuir a que la explicación no surta el efecto deseado, e incluso, llegar a inducir a los alumnos a afianzar concepciones alternativas sobre aspectos de la física, si las tuvieren. En las lecciones analizadas se encuentra a faltar una mayor presencia de explicaciones que incluyan situaciones donde los alumnos establezcan relaciones entre las entidades científicas que se construyen y su contexto cotidiano; así como de más contextualizaciones basadas en situaciones que relacionen los nuevos conocimientos con el quehacer del ingeniero, la industria y la tecnología.

La incorporación de términos antropomórficos, aún cuando pueden contribuir a afianzar algunas concepciones alternativas, ayudan a presentar la física de una manera más cercana.

Las experiencias demostrativas usando objetos materiales y algunos desarrollos matemáticos, son otros de los recursos con carácter retórico-argumentativo usados para construir significados en las clases de física.

En relación a los modos comunicativos: Las explicaciones elaboradas son construcciones semióticas caracterizadas por la conjunción de diferentes modos comunicativos. El lenguaje oral es el más omnipresente pero comparte espacio con lenguajes formales matemáticos, elementos del lenguaje gráfico-visual; así como un lenguaje gestual y, con el uso de objetos materiales o haciendo experiencias con estos objetos. En las explicaciones, como actividades de comunicación constructoras de conocimiento, experiencia, lenguaje y pensamiento son parte de un todo interrelacionado e integrado y exteriorizan el pensamiento, a la vez que ayudan a formarlo. Cuestionamos la manera de hablar encontrada en las profesoras en algunas

clases, porque puede contribuir a que los alumnos reafirmen o continúen, en caso de tenerlas, determinadas concepciones alternativas en física, que les pueden llevar a cometer o incurrir en errores conceptuales.

El lenguaje escrito en la pizarra, representa otra forma usada para hacer llegar, y a la vez destacar, a los alumnos parte del 'lenguaje de la mecánica' que deben aprender. Ayuda a ordenar y categorizar el conocimiento. En definitiva, ayuda a estructurarlo. **El lenguaje visual** permite, entre otros aspectos, la observación de diferentes fenómenos de mundo real, sistemas físicos y representaciones científicas convencionales reproducidas en libros de texto, visualizar, a través de representaciones gráficas, relaciones entre diferentes entidades científicas, proporcionar situaciones sobre las que los alumnos pueden analizar e interpretar y a la vez elaborar otras gráficas, responder a cuestiones, etc. y proporciona simbolismos geométricos (como las flechas) para representar magnitudes físicas vectoriales; así como el movimiento de los elementos representados. **El lenguaje de los gestos** permite destacar aspectos expresados mediante el lenguaje escrito y/o visual, representar una entidad física o un conjunto de ellas, describir el movimiento de una partícula, cuerpo y/o un sistema físico dado, mostrar aquello que se presenta por medio de una figura u objeto material como *estático*, con la apariencia de tener movimiento, contribuir a estimular la visión espacial de los alumnos y la capacidad de abstracción.

En cuanto al **uso de objetos materiales para hacer experiencias o demostraciones en el aula**, estas contribuyen a: comprobar o verificar que los fenómenos se sucedan como la teoría lo dice, dar a conocer o mostrar el comportamiento de sistemas físicos, facilitar la visualización de entidades no visibles, captar y mantener la atención de los alumnos, causar expectativas, motivar e impulsar el proceso de construcción de significados y dar legitimidad a las leyes, modelos y teorías científicas. La incorporación de demostraciones y/o experiencias en el aula aporta una serie de elementos que contribuyen tanto a hacer más presentes y/o más cercanas a las entidades científicas, así como a la construcción de significados científicos y a la validación de los significados ya construidos anteriormente.

Referentes Bibliográficos

- CROS, A. *Convencer en clase. Argumentación y discurso docente*. Edit. Ariel Lingüística. 2003.
- DRIVER, R., NEWTON, P. & OSBORNE J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education* 84 (3), p.287-312. 2000.
- DUSCHL R. et al. Middle School Science Students' Dialogic Argumentation. *European Science Education Research Association Conference*. Kiel. 1999 Solomon, 1999.
- DUSCHL, R., OSBORNE, J. Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, p.39-72.2002.
- HODGE, R. & KRESS, G. *Social Semiotics*. Cambridge: Polity Press. 1988/1995.
- JEWITT, C. La representación visual en la clase de ciencias: potencialidades de los modos y aprendizaje. *Aula de innovación educativa XI, Diciembre 2002* 117, 41-44. 2002.
- JEWITT, C., KRESS, G., OGBORN, J. & TSATSARELIS, C. Exploring learning through visual, actional and linguistic communication: the multimodal environment of a science classroom. *Educational Review*, 1, (53), 5 -14. 2001a.

-
- KRESS G., OGBORN J., JEWITT C. & TSATSARELIS C.. Meaning making in the multimodal environment of the science classroom. Discussion paper prepared for the Rhetorics of the Science Classroom Mid Project Consultative Meeting. Preprint. Institute of Education. University of London. 1998.
- KRESS, G, JEWITT, C, OGBORN, J, TSATARELIS, C, *Multimodal Teaching and Learning: The Rhetorics of the Science Classroom*, London and New York: Continuum. 2001.
- LEMKE, J Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores (edición original en inglés: 1993: Talking Science: Language, learning and values).1997.
- LEMKE, J. Multipling 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.1998a.
- LEMKE, J. *Analysing Verbal Data: Principles, Methods, and Problems*. 1998b.
- LEMKE, J.. *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>. 1999.
- LEMKE, J. Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes, y acciones. En Benlloch, M. (ed.), *La educación en ciencias*. Barcelona: Paidós. pp. 159-186.2002.
- MARTINS, I. Visual imagery in school science texts. In Graesser, A., Otero, J., De León J.A. In: *The Psychology of Scientific Discourse Comprehension*. Mahwah. N.J: Lawrence Erlbaum Associates.2001.
- MORTIMER, E.& SCOTT, P. *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.2003.
- OGBORN J., KRESS G., MARTINS I. & MCGILLICUDDY K. (2002): Formas de Explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria.. Santillana, aula XXI.
- ROTH, W. & LUCAS K. From "Truth" to "Invented Reality": a discourse analysis of high school physics'talk about scientific knowledge. *Journal of research in Science Teaching*, 34 (2), pp 145-179. . 1997.
- SHULMAN, J, (ed.) *Case methods in teacher educaction*. New York: Teachers College Press, Columbia University. 1992.
- STAKE, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.
- VYGOSTKY, L. (1978): *Mind in society: The development og higher psycological processes*. Cambridge, M.A. Harvard University Press.

TABLA I: TABLA DE TRANSCRIPCIÓN DE DATOS

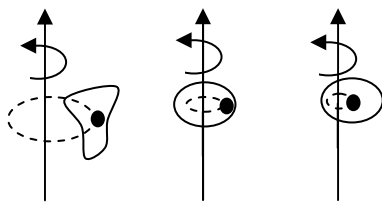
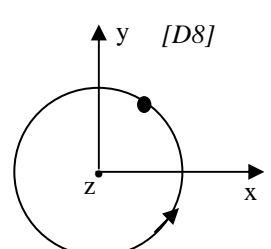
Lenguaje Oral	Lenguaje Escrito y Visual	Gestualidad
<p>Profesora:....Otro aspecto importante de este movimiento es que muchas veces nosotros tomando como ejemplo que la Tierra describe un movimiento de rotación en torno a un eje que pasa por su centro, tenemos una idea de que todo lo que va a rotar tiene que hacerlo en torno a un eje que pasa dentro del cuerpo y en el centro geométrico; y eso no es parte de la definición. Entonces todos estos que voy a mostrar acá son ejemplos de movimientos de rotación [Dibuja tres cuerpos girando en torno a eje: D6]. Noten que la ubicación del eje no es importante, si lo es el que sea fijo ¿okey?..... Fíjense que si nosotros centramos nuestra atención en (una sola de las partículas del cuerpo que gira), y miramos, por ejemplo ésta [G5] desde arriba, ¿qué vemos?, lo que vemos es un [hace dibujo: D7] punto que es el eje, y una circunferencia que describe la partícula que estamos observando desde el eje. Desde ahora, este eje lo vamos a llamar eje Z.... En este caso [G6] el eje Z sale del plano de la pizarra, y los eje X y Y sería estos [Dibuja los ejes X y Y: D8]....</p>	<p>[D6]</p>  <p>[D7]</p>  <p>[D8]</p>	<p>[G5] señala la partícula que gira en torno a un eje externo al cuerpo</p> <p>[G6] Señala vista de planta (D7)</p>

FIGURA 1: Algunas categorías de análisis

