LAS EXPLICACIONES DE FÍSICA EN CLASES DE NIVEL UNIVERSITARIO

UN ESTUDIO SEMIÓTICO-COMUNICATIVO DE LA CONSTRUCCIÓN DE SIGNIFICADOS

EXPLAINING PHYSICS IN UNIVERSITY-LEVEL COURSES. A SEMIOTIC-COMMUNICATIVE STUDY OF MEANING CONSTRUCTION

AS EXPLICAÇÕES DE FÍSICA EM AULAS DE NÍVEL UNIVERSITÁRIO. UM ESTUDO SEMIÓTICO-COMUNICATIVO DA CONSTRUÇÃ DE SIGNIFICADOS

THAMARA J. FAGÚNDEZ*
tfagunde@uc.edu.ve
MARINA CASTELLS**
marina.castells@ub.edu
Universidad de Carabobo. Venezuela
Universitat de Barcelona. España

Fecha de recepción: 12 de julio de 2009
Fecha de aceptación: 12 de octubre de 2009

Resumen

El estudio indaga la actuación de profesores experimentados a partir de la caracterización de explicaciones en clases de física en una facultad de ingeniería. La aproximación metodológica es cualitativa. Es un estudio de casos. Dado el carácter social, didáctico, semiótico, comunicativo y multimodal de las clases, seleccionamos el referente aportado por Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996), así como aportes de otros autores sobre la multimodalidad. Los resultados aportan 'pistas' sobre 'cómo' los profesores transforman su conocimiento disciplinar en uno 'enseñable' y la contribución de tal 'quehacer' a la formación integral del estudiante de ingeniería. También se extraen elementos para la mejora de la práctica docente.

Palabras claves: Análisis del discurso, Didáctica de la Física, Formación del profesorado.

Abstract

This article researches who experienced professors act when explaining physics concepts at the faculty of engineering. The methodology used is qualitative. It is a case study. Given the social, didactic, semiotic, communicative, and multimodal character of these classes, we selected the model proposed by Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996), as well as from other authors regarding multimodality. The results show some 'clues' on 'how' professors transform their academic knowledge into something 'teachable' and the transformation of said 'knowhow' into the integral formation of engineering students. We also extracted some elements to help improve teaching methodologies.

Keywords*: Discourse analysis, teaching physics, professorial training.*

Resumo

O estudo indaga a atuação de professores peritos a partir da caracterização de explicações em aulas de física numa faculdade de engenharia. A aproximação metodológica é qualitativa. É um estudo de casos. Dado o caráter social, didático, semiótico, comunicativo e multimodal das aulas, selecionamos o referente aportado por Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996), bem como aportes de outros autores sobre a multimodalidade. Os resultados aportam 'pistas' sobre 'como' os professores transformam seu conhecimento disciplinar num conhecimento 'ensinável', e a contribuição dessa 'tarefa' à formação integral do estudante de engenharia. Também extraem-se elementos para melhorar a prática docente.

Palavras chave: *Análise do discurso, Didática da Física, Formação do professorado.*

1. El problema de la investigación

Independientemente de la especialidad, 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 cómo sus conocimientos y 'saberes' deben ser usados para reducir el problema real, en general complejo, a uno de tal forma que el 'conocimiento científico' pueda ser aplicado para solucionarlo. En la definición del problema se ponen de manifiesto las magnitudes relevantes, entre las que se cuentan las magnitudes físicas. La mayor dificultad en la resolución de un problema es el establecimiento de las relaciones entre las características de la situación y el cuerpo de conocimientos disponible. Saber cuándo y cómo el conocimiento debe ser aplicado y si la respuesta resultante satisface 'razonablemente' el problema original, es el objetivo profesional buscado. En la formación básica del ingeniero, 'la física' cumple funciones esenciales en dos aspectos, conceptual y formativo: promueve el aprendizaje de conocimientos básicos fundamentales para el estudio de la ingeniería y el desarrollo de capacidades esenciales, como la abstracción, organización, análisis, metodología para resolución de situaciones problemáticas y comunicación; actitudes 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 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 (argumentar, justificar, razonar, describir, explicar, etc.), relacionadas con habilidades cognitivas (comparar, clasificar, interpretar, etc.), con las estructuras conceptuales propias de la física, además de aprender a pensar en forma abstracta, con conceptos científicos y con base en modelos. Su 'hacer' en el aula puede contribuir, por tanto, a la formación del estudiante de ingeniería.

La actuación o el 'quehacer' de los profesores depende básicamente del conocimiento profesional de cada uno (Carter, 1990); aspecto que depende a su vez no sólo de los años de experiencia, sino también de diversos aspectos que los docentes manejan respecto al currículum, los alumnos, situaciones del aula, la forma de elaborar y utilizar el conocimiento, y de los conocimientos pedagógico-didácticos que poseen. A partir de investigaciones desarrolladas en el campo de la formación del profesorado, se ha intentado conocer qué conocen los profesores, cómo llegan a conocerlo y cómo mejorar ese conocimiento. Dentro de 'ese' conocimiento en el que se organizan los 'saberes' del profesor, y que se llama 'Conocimiento Base' para la Enseñanza (Shulman, 1986, 1987; Wilson, Shulman & Richert, 1987), se encuentra el conocimiento didáctico del contenido. Este conocimiento tiene que ver con las formas 'cómo' los profesores transforman sus conocimientos disciplinares en formas didácticamente enseñables a los alumnos; o sea con las formas de representar y formular el contenido para hacerlo comprensible a otros (Shulman, 1987). Es la componente del conocimiento de los profesores que más se ha investigado, por representar el conocimiento que une, en el caso de las ciencias, el contenido científico y el conocimiento pedagógico-didáctico en la enseñanza de un determinado tópico o problema. Es el conocimiento que se identifica con el campo de las didácticas específicas.

Saber 'cómo' los profesores transforman su conocimiento de la materia en una forma que contribuya a que los alumnos construyan significados, lo constituye su 'quehacer' en el aula de clases. Parte importante de este 'hacer', y que nos permite ver la forma cómo los profesores 'hacen comprensibles' a los alumnos los diferentes temas; y por tanto nos dejan 'ver' parte de su 'conocimiento didáctico del contenido', son las explicaciones que éstos desarrollan durante las clases.

En el contexto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Venezuela, encontramos que los elementos que caracterizan la enseñanza de la física son: a) las explicaciones elaboradas por los profesores suelen representar parte importante de la actividad desarrollada en el aula de clases, b) los profesores son profesionales cuya formación o titulación profesional corresponde a áreas que no tienen ninguna relación con la enseñanza (ingenieros y/o licenciados en física pura), c) en la actualidad, el equipo docente que 'enseña física está formado

mayoritariamente por profesores de recién ingreso sin ninguna formación didáctico-pedagógica. Para solventar el último aspecto mencionado, la institución contempla un programa de inserción obligatorio pero que consideramos 'descontextualizado', ya que no toma en cuenta las necesidades de los profesionales (ingenieros, médicos, abogados, pedagogos, etc.) que laboran en los diferentes campos de conocimiento. Para este programa las necesidades de todos los profesores son las mismas.

Tomando como referencia que el cuerpo de conocimientos de los profesores experimentados se encuentra muy ligado al 'contexto', a la experiencia y que se desarrolla como consecuencia de su relación activa con la práctica; así como nuestro interés en la formación de estudiante de ingeniería y del profesorado de física de recién ingreso, desarrollamos una investigación con la finalidad de indagar el 'quehacer' de profesores experimentados a partir del estudio de sus explicaciones, con la finalidad de describir cómo éstos las elaboran, de manera que medien la construcción de significados científicos de forma coherente y convincente para los estudiantes.

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' puede aportar elementos de interés para el estudio acerca de cómo explican los profesores y la construcción de significados científicos.

En función de lo anterior, generamos las siguientes interrogantes como directrices de nuestra investigación: ¿cómo podemos caracterizar la clases desarrolladas por profesores de física a nivel universitario, con base en clases no especiales de física? ¿Puede el marco teórico aportado por la obra de Ogborn et ál. (1996) representar una herramienta útil para el análisis del discurso en una clase de ciencias?, en este caso: ¿qué recursos semiótico-comunicativos utilizan los profesores en sus clases? ¿Cómo presentan los contenidos de modo que sean didácticamente comprensibles para el alumno? ¿Qué recursos didácticos utilizan? ¿Qué modos comunicativos configuran la explicación? ¿Cómo los profesores organizan y presentan en el aula los diferentes tópicos o temas? ¿Cómo este conocimiento adquirido a partir de nuestro estudio puede contribuir a la formación de nuevos docentes?

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

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 universitarios experimentados de física.
c) Determinar el aporte del quehacer de los profesores a la formación del estudiante de ingeniería.

3. Marco teórico

3.1 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 (Mortimer, 1998; Mortimer & Scott, 2003; Roth y Lucas, 1997). Estos y otros estudios en la misma dirección se interesan más por las maneras cómo los significados científicos se elaboran en el contexto de una clase.

Un renovado interés por la actuación del profesor en las clases de ciencias ha surgido (Ogborn et ál., 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, y en este sentido, compartimos el esquema de Guidoni (1985, 1990) que enuncia que la cultura científica se construye de acuerdo a la relación entrelazada entre unas experiencias, una manera de pensar y una forma de hablar (o de

representar), y por lo tanto, en las explicaciones, experiencia, pensamiento y lenguaje han de estar presentes en un todo interrelacionado y integrado. Según tales ideas, la explicación es una actividad de comunicación que se ha de entender en un sentido amplio como una actividad constructora de conocimiento, que exterioriza el pensamiento y ayuda a formarlo. La explicación en las clases de ciencias ha de verse como 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. El profesor, que es quien gestiona y mediatiza la construcción de significados científicos en la clase, ha de orientar su actividad a una construcción que esté de acuerdo con la ciencia admitida y que resulte convincente a los estudiantes. Teniendo en cuenta que el alumno llega a las clases con su "manera de ver el mundo" y con unas formas de razonar que no la contradicen, las explicaciones habrán de adecuarse a las ideas y formas de pensar de los estudiantes.

3.2 El referente para el análisis de las explicaciones: Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996)

Para el análisis de las explicaciones, y que llevamos a cabo desde una perspectiva 'semiótico-comunicativa', seleccionamos la obra 'Formas de Explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria'[1] aportada por Ogborn, Kress, Martins & McGillicuddy (1996). Tal selección obedece a que los autores, desde una perspectiva semiótica vinculada con los desarrollos de Halliday, se proponen mostrar al lenguaje no como algo autónomo, sino como ligado a estructuras y a prácticas sociales y presentando el mismo lenguaje como una práctica social, pero al mismo tiempo destacando otras prácticas sociales que 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. El estudio, 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, se encuentra que el libro se contextualiza en clases de ciencias (aun cuando éstas son de nivel de secundaria, consideramos que el referente es útil para analizar las explicaciones realizadas en clases universitarias). Por otra parte, compartimos con los autores que la explicación en clases de ciencias es fundamental y ocupa un lugar prominente, a pesar de que, y de entre todas las actividades que se desarrollan en el aula de clases, la explicación *per se* sea una de las actividades menos estudiadas. Otro aspecto que nos lleva a la selección del marco aportado por Ogborn se basa en nuestro planteamiento de 'extraer' y aportar elementos que contribuyeran a la mejora de la práctica docente, y por tanto, a usar los resultados de nuestro estudio para orientar la formación del profesorado. Coincidimos con Ogborn, en que la explicación debería ser materia de estudio en la formación del profesorado; pero constatamos que no se acostumbra a enseñar a los futuros profesores cómo elaborar una explicación. El libro considera una serie de aspectos relacionados con la manera como los profesores de ciencias elaboran explicaciones, que nos aporta a grandes rasgos los elementos básicos para llevar a cabo el estudio que deseábamos. El marco teórico aportado por Ogborn et ál., (1996) tiene tres componentes:

1. Las explicaciones científicas son análogas a "historias". Desarrollando tal noción, Ogborn sugiere que las características esenciales de una historia científica son que: 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 (los protagonistas pueden incluir entidades tales como las corrientes eléctricas, campos magnéticos y también construcciones matemáticas tales como movimiento harmónico); 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.

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 en toda explicación es C*rear la necesidad* de esa explicación y sugiere que esto puede conseguirse a través de mostrar una diferencia que ha de ser salvada o resuelta. Habiendo creado una 'diferencia' para que la explicación tenga sentido, 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 convencer a los estudiantes sobre la necesidad y conveniencia de su existencia.

El proceso de convencimiento de la existencia de las entidades explicativas comprende una transformación de significados en los estudiantes, pero también incluye una transformación de las entidades de la ciencia para hacerlas más comprensibles a los estudiantes. Por otra parte, el '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, requiere que este sea *transformado o reelaborado.* Tal reelaboración implica, a su vez, una elección de cómo organizar y presentar los contenidos disciplinares. En este sentido, tomando en cuenta la naturaleza de las clases de física y la imposibilidad de construir conocimientos científicos en función de un único modo comunicativo, incorporamos los aportes sobre la multimodalidad en la enseñanza de las ciencias (Lemke, 1998; Kress, Ogborn, Jewitt & Tsatsarelis, 2000) al referente primario aportado por el libro de Ogborn. Otros aspectos importantes del modelo son la *relación de la explicación con el mundo material*, que para él, tiene mucho de retórica, de ayudar a convencer a los estudiantes a que 'vean la realidad' como los 'modelos científicos' nos proponen verla.

3. Variación y estilos de la explicación del profesor. Parte dedicada al estudio de las dinámicas explicativas, cómo éstas se van dando al largo de varias lecciones, y su relación con los estilos explicativos de los profesores

4. Diseño metodológico

4.1 La metodología de la investigación

Con base en el análisis de una serie de cuestiones onto-epistémicas, seleccionamos una *aproximación metodológica cualitativa,* y como método específico optamos por un estudio '*instrumental colectivo de casos' (*Stake, 1995, 1998). Instrumental, porque el estudio de casos es un instrumento para obtener otros fines indagatorios; y colectivo, ya que nuestro interés se centra en indagar el proceso comunicativo desarrollado en clases de física universitaria, estudiando intensivamente varios casos. *El estudio de casos* que se desarrolla *es descriptivo e interpretativo*, en la medida que aportará información básica sobre los casos mismos, y ofrecerá una descripción densa y en detalle de los casos estudiados; así como interpretaciones con base en categorías (inductivas y deductivas) que las sustenten.

4.2 Las participantes en el estudio

Son tres profesoras experimentadas de física de nivel universitario de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Venezuela. Se han grabado las clases sobre todos los tópicos de Mecánica contemplados en el currículo de la asignatura.

4.3 Fases del estudio

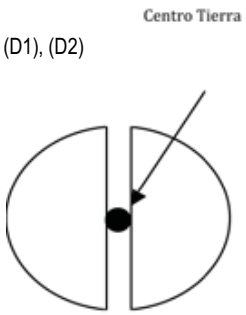
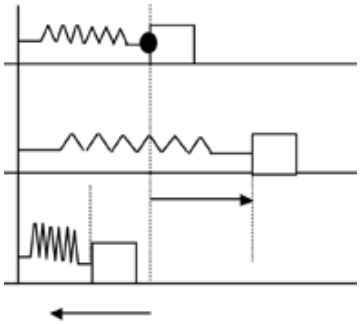
La complejidad del estudio obligó a dividir el mismo en 'fases'; cada una con un propósito definido e involucrando actividades, procedimientos de técnicas de recogida de datos y de análisis diferenciados, aunque todos de corte cualitativo.

FASE 1: La formación del marco teórico de referencia: se fundamenta en la revisión del referente que orientó la construcción del marco analítico; así como también de otros referentes que enmarcan nuestro estudio.

FASE 2: Análisis exploratorio: la reducción de los datos: en esta dedicamos atención a organizar la información básica que poseíamos para desarrollar el estudio, y que básicamente consistía en grabaciones de audio y video de las explicaciones de las profesoras sobre diversos tópicos de Mecánica. Involucró la observación de videos, la definición de los criterios de selección de los episodios explicativos en los que fundamentaríamos el estudio, la selección misma de los episodios explicativos (reducción de los datos), y la codificación de los mismos con fines indentificativos.

FASE 3: La transformación de la información: es en esta fase donde 'concretamos' los datos que finalmente analizamos. Este proceso finaliza con el diseño de un instrumento integrado de transcripción que involucra una tabla que nos permite el registro de los diferentes modos comunicativos utilizados por el docente durante sus explicaciones: lenguaje oral, lenguaje escrito, lenguaje visual y los gestos; un sistema o mecanismo de códigos que nos permiten, 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 énfasis vocal, repeticiones, expresiones silábicas, silencios prolongados, el establecimiento del contacto visual (la mirada), etc. Los datos se concretan una vez realizadas las transcripciones multimodales de los episodios explicativos (Tabla 1) que, en la fase 2 del estudio, habíamos seleccionado.

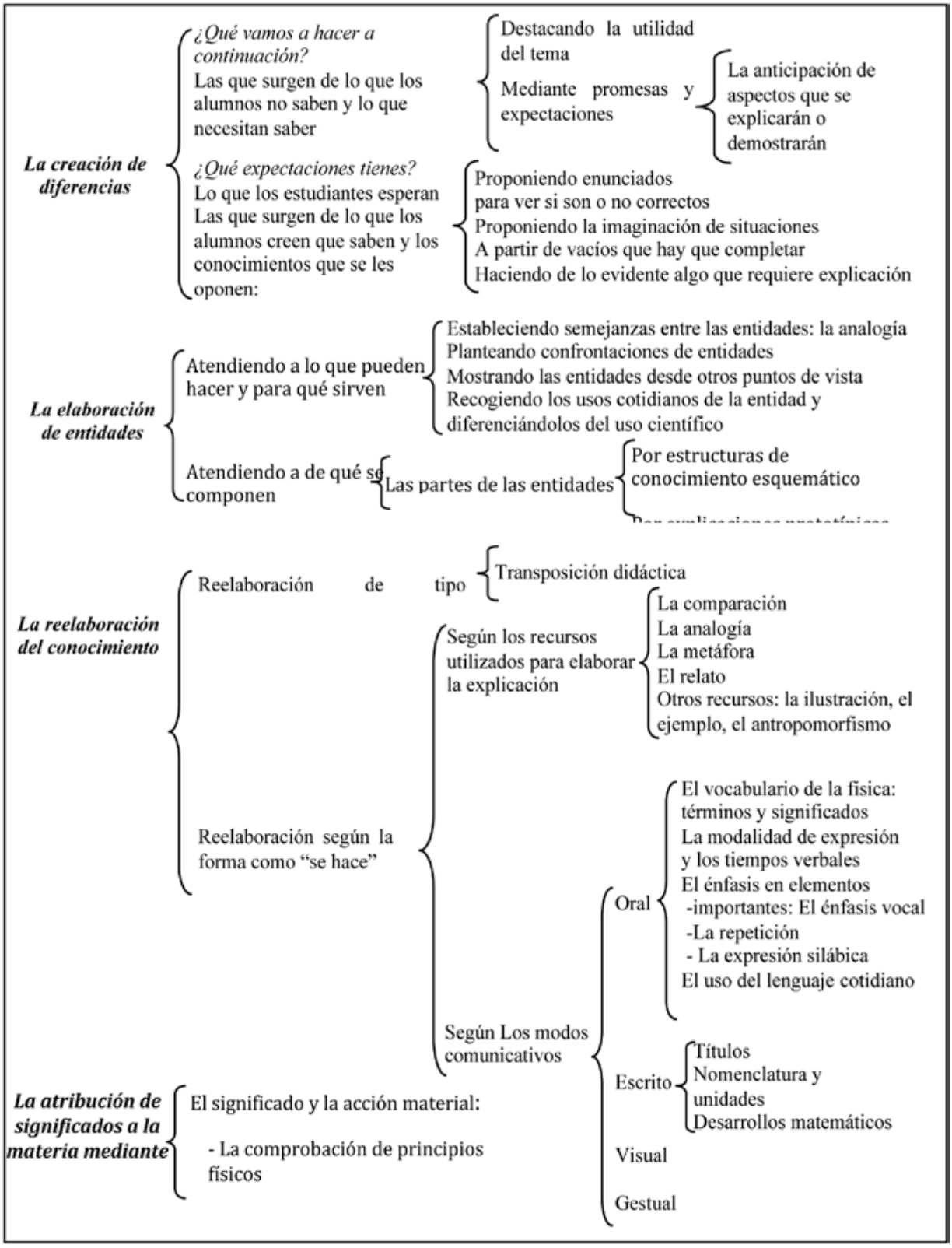
TABLA 1
TABLA DE TRANSCRIPCIÓN DE DATOS

LENGUAJE ORAL	LENGUAJE ESCRITO Y VISUAL	GESTUALIDAD
Profesora: Okey, tienen la idea clara. La idea del sube y baja eso es realmente lo que pasaría [hace dibujo en pizarra: D1]. Aquí está el centro de la Tierra [dibuja punto al centro: D2] y yo dejo caer una partícula -con velocidad cero- desde aquí arriba. La partícula va desarrollando velocidad, velocidad, velocidad [G14]. ¿C? Alumnos: Sí Profesora: Cuando pasa por aquí [G15] ¿Qué pasa con la fuerza gravitatoria? Alumnos: Es cero 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, pero al pasar de largo así, la fuerza gravitatoria me hala así[G16] hacia el centro de la Tierra y cuando yo llego aquí [G17] 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. Total que voy a permanecer allí . Eso exactamente es lo que pasa con el resorte [Hace dibujo de resorte atado a un cuerpo en tres posiciones: D3].Tengo una posición de equilibrio [G18]. Estiro el resorte y suelto [G19], Pasa de largo [G20] , llega, se detiene, se devuelve, pasa por el punto de equilibrio, sigue de largo, se desacelera - pero ahora hay fuerza- se regresa y así se la pasa todo el tiempo….. Entonces tenemos lo mismo, estamos hablando de un mismo tipo de energía, aun cuando la energía no está producida por el mismo agente. Estamos hablando de energía potencial (gravitatoria) [G21] y de energía potencial (elástica) [G22]. ¿Se entiende más o menos el concepto de energía potencial? ¿Cuándo hay energía potencial? …	(D1), (D2)  (D3) 	[G14] Señala a lo largo del hueco y hacia el centro diferentes puntos [G15] Señala el punto que indica el centro de la Tierra [G16] Señala hacia el centro del hueco [G17] Señala extremo inferior del hueco [G18] Lo señala en el dibujo [G19] Ilustra el estiramiento del resorte y su liberación [G20] Muestra en la pizarra el movimiento del cuerpo y resorte al lestirarse y liberarse [G21] Señala dibujo de Tierra con hueco [G22] Muestra dibujo de resorte

FASE 4: La elaboración de las categorías de análisis: en esta parte centramos la atención en el proceso de elaboración de las categorías con base en las que examinaríamos cada uno de los episodios seleccionados. (Figura 1).

FASE 5: El proceso de análisis de los datos. El diseño de los instrumentos de análisis: el proceso de análisis no sigue un proceso lineal sino que se acerca más a un modelo cíclico en espiral, propio de las etnografías, tanto en la definición de los objetivos específicos, como en el análisis de los datos, que en esta investigación son fundamentalmente "relatos de episodios de clases" recogidos a partir de grabaciones en video y notas de campo de la investigadora que ha actuado como observadora no participante. Antes de iniciar esta fase, también hubo la necesidad de diseñar un instrumento que nos permitiera 'anotar' todos los aspectos que según nuestras categorías estaban caracterizando cada uno de los episodios analizados; y que nos permitirían al final del proceso la elaboración integrada de resultados, interpretaciones y la localización, de manera fácil, de los episodios que insertaríamos en esta parte como pistas de revisión. El proceso final ha sido

FIGURA 1:
LAS CATEGORÍAS DE ANÁLISIS



sintetizar estos resultados en forma de *conclusiones*, que nos ofrecen una visión global de la explicación en la clase de física universitaria en una Facultad de Ingeniería. Finalmente, *implicaciones* para la formación de profesorado universitario de física han surgido de los resultados y conclusiones.

5. Resultados

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

5.1.1 La aplicación del marco teórico definitivo, fundamentado en el libro de Ogborn y los aportes sobre la multimodalidad en la enseñanza, nos 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, inicial, universitario. Tiene aspectos de gran especificidad que lo hacen especialmente útil para entender la actuación de los profesores en las clases de ciencias.

5.1.2 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 y la importancia que se da a la transformación de conocimiento. 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 con la actuación de los profesores, que nos hace mirar una clase más como un proceso comunicativo y retórico de significados científicos.

5.1.3 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 con otros de nueva incorporación que han surgido del estudio exploratorio previo. Con la redefinición y la introducción de nuevos descriptores hemos elaborado un instrumento de análisis que nos permite caracterizar y quizás, también valorar la actuación del profesor en las clases de ciencias, y en particular de física. Nos puede permitir encontrar tipos paradigmáticos de actuación de los profesores en las clases de ciencias, en particular de física, y poder hacer comparaciones entre actuaciones en diferentes contextos culturales y/o sociales.

5.1.4 Echamos en falta la incorporación en el modelo de descriptores para analizar y caracterizar los aspectos multimodales y argumentativos de las explicaciones, que son presentes en las clases de física y que valoramos como fundamentales.

5.2 En relación con la caracterización de las explicaciones

5.2.1 La creación de necesidades de explicaciones se observa en cualquier punto a lo largo de la clase. Para la creación de necesidades de explicaciones se utilizan diferentes estrategias que se caracterizan por la orientación de éstas a la creación de expectativas en los alumnos con base en una estrategia que combina la 'identificación del tema o tópico que se desarrollará', y el uso de 'anticipaciones de aspectos de contenido'. Las formas más comúnmente usadas por las profesoras para anticipar aspectos de contenido son: a. Incorporando éstas en textos explicativos. b. Mediante la incorporación de éstas en estructuras esquemáticas realizadas en el pizarrón y en razonamientos por la analogía. c. Usando diferentes estrategias que generan conflicto cognitivo en los alumnos. Entre las estrategias para generar conflictos están: la propuesta de enunciados para juzgar si son, o no, correctos, la propuesta de imaginar situaciones, a partir de vacíos que completar o tensiones que resolver.

5.2.2 En relación con la elaboración de entidades científicas: los conocimientos científicos construidos consisten en conceptos y procesos; ambos considerados 'entidades' por el hecho de tomar en cuenta que las profesoras (la ciencia), al dedicar parte de su tiempo a estudiarlos llegan a convertirlos en algo parecido a objetos; y por tanto, en algo parecido a entidades. Tales entidades elaboradas se convierten en recursos para desarrollar explicaciones posteriores. Supone elaborar explicaciones tanto acerca de un fenómeno dado; como las entidades que permiten elaborar explicaciones con las que se puede construir las explicaciones de dicho fenómeno.

5.2.3 Las profesoras para la elaboración del significado de las entidades se basan en:

- El establecimiento de semejanzas entre entidades por medio de las analogías.
- El planteamiento de confrontaciones (en el sentido de hacer ver diferencias) entre entidades diferentes, destacando las características opuestas.
- La exposición (en el sentido de 'mostrar') las entidades desde otros puntos de vista
- La recogida de los usos cotidianos de las entidades y la diferenciación del uso científico

5.2.4 Las profesoras usan estructuras explicativas basadas en arreglos esquemáticos, para introducir las diferentes partes, o entidades componentes, que estructuran a una entidad dada como 'un todo'.

5.2.5 En relación con la forma como las profesoras transforman sus conocimientos, aspecto que corresponde a las 'transposiciones didácticas', encontramos que éstas tienen que ver con la elección de las profesoras acerca de cómo presentar sus explicaciones. Tal elección, a su vez, se relaciona con dos aspectos:

Las formas como las profesoras transforman los conocimientos científicos en representaciones didácticamente comprensibles para los alumnos, se caracteriza 'la forma de elaborar las explicaciones', que a su vez tiene que ver con los recursos y los modos comunicativos utilizados y que estructuran como un 'todo' las explicaciones, y la 'organización de la explicación'.

5.2.5.1 Según los recursos usados, las clases de física se caracterizan por el uso de:

a) La analogía, la metáfora, los relatos, las ilustraciones, los ejemplos. A modo de ejemplo, presentamos un fragmento del episodio *Ai-RP-022*, y en el cual la profesora elabora una explicación con la que intenta la construcción de significados relacionados con el movimiento de "rotación pura", utilizando como estrategia la incorporación en la explicación de una 'ilustración' basada en una situación cotidiana y representada por el ''movimiento de un CD', para ilustrar el 'movimiento de rotación pura':

…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

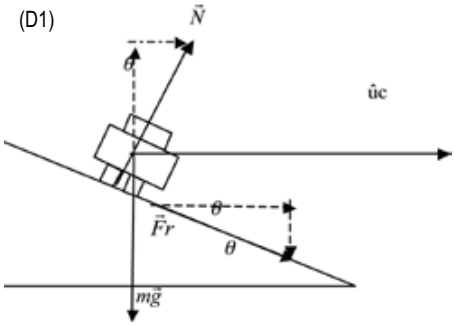
Profesora: La velocidad del centro de masa del CD metido en la pared es cero; está en reposo; todas las partículas están rotando en torno al centro *[Mueve las manos en círculos*] y el centro está en reposo;…. ¿Puedo tener un movimiento de un CD que no sea de rotación pura?

Alumnos: Si, el CD del carro

Profesora: En el carro, el CD, o 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, y que pasa por el centro de masas, no está en reposo y por tanto ahora el CD no tiene un movimiento de rotación pura…

Tal planteamiento, se limita a 'ilustrar' la entidad rotación pura; a mostrar una situación real, en la que el un objeto real, y conocido, experimenta un movimiento definido por la ciencia.

Por otra parte, encontramos el uso del 'ejemplo' en un fragmento a partir del cual la profesora establece, una generalización respecto a la imposibilidad de que una fuerza centrípeta (cuyo centro de trayectoria esté en reposo) realice trabajo:

LENGUAJE ORAL	LENG. ESCRITO Y VISUAL
Profesora:. …Una fuerza central podría ser la normal y podría ser también la fuerza de roce. Esa fuerza centrípeta, según la definición de trabajo, puede realizar trabajo. ¿hay trabajo realizado por la fuerza centrípeta? Si tenemos un carrito que describe una curva, en este caso la curva es peraltada okey?, si hacemos el diagrama de cuerpo libre *[D1]*, tenemos que las fuerzas que obran son el peso, la normal y la fuerza de roce. Esto lo sabemos, ya lo hemos hecho antes ¿cierto?. La fuerza neta en la dirección centrípeta es *[E1]*. Cuál es trabajo realizado por la fuerza centrípeta?. Alumno 2: No se mueve en la dirección de F Profesora: Es que la fuerza centrípeta es perpendicular al desplazamiento del carro; entre la fuerza y el dr hay un ángulo de 90º por tanto en general, (la fuerza central no produce trabajo), cuando el centro de la trayectoria está en reposo. ¿Okey?	(D1)  (E1) $\Sigma\vec{F}c = (N\text{sen}\theta + F\text{r}\cos\theta)\hat{u}c$

Destacamos la importancia del ejemplo como 'fundamento o base' para extender un razonamiento, hallazgo o conclusión extraído de una situación particular, a otras situaciones; es decir, para generalizar (por ejemplo, cuando la profesora, una vez finalizado el análisis del choque de un coche contra una pared, y demostrándose el cumplimiento del teorema del trabajo y la variación de energía cinética, expresa que dicho teorema se cumple siempre).

a)Términos 'antropomórficos' (estrategia de dotar de cualidades humanas a las entidades científicas). La incorporación de éstos en las explicaciones se presenta como recurso cultural de uso común en el lenguaje docente, que contribuyen a la visualización de la ciencia de una forma más concreta, pero que a la vez pueden afectar el proceso de construcción de significados si los alumnos por medio de tales términos otorgan a la física y sus entidades atributos que no poseen. Tal orientación se observa, cuando las profesoras Aída, Ana y Lía, hacen referencia a las entidades adjudicándoles cualidades humanas relacionadas con deseos (desear); capacidad de posesión (tener); capacidad para 'hacer' cosas, etc., como sucede en el pasaje del episodio *Ai-CT-011:* en este se presentan a los movimientos curvos como 'poseedores' de velocidad variable. Se presenta al 'movimiento curvo' como una 'cosa' que tiene velocidad; tomando la velocidad como una propiedad de los objetos que se mueven y no como una magnitud relativa a un sistema de referencia, es decir, un concepto absoluto.

…(Todos los movimientos curvos, aunque tengan rapidez constante, tienen velocidad variable. (Siempre, por tanto) tienen aceleración….

También en el episodio *An-MA-021 se presenta el* Principio de la Conservación del Momento Angular como un ser dotado de autoridad para "exigir" el incremento de otra entidad: la velocidad angular.

Cuando las masas se acercan al eje de rotación, la conservación del momento angular (exige) que la rotación aumente su velocidad. Eso pasa porque cambiamos el momento de inercia. Entonces sabemos que 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 " w" siempre se mantenga constante; que es lo que (sí) debe mantenerse constante para que la sumatoria de torques sea igual a cero.

5.2.5.2 Según los modos comunicativos usados

a) Las explicaciones elaboradas combinan el uso de los modos comunicativos oral, escrito, gráfico-visual y gestual.

b) Los diferentes lenguajes o modos comunicativos presentes se enlazan como un todo en la explicación, unas veces se integran 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.

c) El cómo las profesoras se acercan a los alumnos mediante el lenguaje oral se caracteriza en que:

- Las explicaciones 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.
- La modalidad de expresión usada generalmente es asertiva o afirmativa, e interrogativa. La forma interrogativa se presenta en tres formatos: pregunta retórica, preguntas orientadas a respuestas "monosilábicas", cortas o fáciles y preguntas con fines dialógico-constructivos.
- 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.
- El énfasis vocal, la repetición y la expresión silábica se usan como estrategias para resaltar, enfatizar o fijar la atención de los alumnos respecto a conceptos, ideas, situaciones, términos científicos, etc.

d) El lenguaje escrito en las explicaciones se conjuga con otros modos comunicativos; principalmente con el oral. Es usado para:

- Identificar los diferentes temas y tópicos que se desarrollarán (los títulos),
- Presentar de manera concreta la nomenclatura física para designar las diferentes variables o entidades escalares o vectoriales, y para la representación simbólica de las unidades según uno o varios sistemas de unidades (la nomenclatura y las unidades),
- Plantear expresiones básicas; así como el proceso de deducción de ecuaciones generales a partir de las mismas (los desarrollos matemáticos/ecuaciones) y
- 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).

e) 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.

f) El modo gestual (movimientos corporales, de manos y/o dedos), contribuye a: estimular la visión espacial de los alumnos y, por tanto, su capacidad de abstracción, destacar aspectos construidos mediante los modos oral, escrito y/o gráfico-visual, representar, ilustrar o mostrar una situación, el movimiento de un sistema físico, y/o entidades físicas, hacer que lo estático, tome una apariencia dinámica.

g) La incorporación de objetos materiales para hacer demostraciones en el aula, es otro de los elementos incorporados en las clases de física como medio para atribuirle significado a la materia y contribuir a la creación de significados científicos. Se hace básicamente para comprobar principios físicos. Las mismas, acompañadas de explicaciones verbales (oral y escrita), representan una poderosa herramienta al permitir a los alumnos visualizar aquello que "la teoría dice", ilustrar el comportamiento de sistemas físicos, y/o para facilitar la visualización de entidades no visibles.

5.2.6 La búsqueda de la comunicación y la motivación de la interacción durante las clases se lleva a cabo permitiendo que los alumnos intervengan espontáneamente, para expresar incomprensiones y/o exponer dudas, en cualquier punto de la lección. También contribuye a la búsqueda de la comunicación, la actuación de las profesoras fomentando el diálogo entre el grupo clase mediante el planteamiento de situaciones conflictivas, la combinación de preguntas y el aporte de nueva información cuando es necesaria. Elementos no verbales de la comunicación como el contacto visual (la mirada) y la interpretación del silencio de los alumnos también se presentan como alternativas orientadas a la búsqueda de comunicación.

h) La comunicación en el aula se relaciona con el proceso de adaptación de las explicaciones elaboradas a las necesidades detectadas en los alumnos. La presencia de un proceso continuo de adaptación de las explicaciones a los oyentes (aspecto retórico), se evidencia a través de las 'pausas' (representadas en forma de 'corchetes', [ ], en las transcripciones) y las comprobaciones (por preguntas y otros mecanismos no verbales como el contacto visual) que se llevan a cabo a lo largo de las lecciones (consideración de la audiencia).

5.3 En relación con el aporte del quehacer de las profesoras a la formación del estudiante de ingeniería

La física dentro de la ingeniería presenta un doble carácter, el de materia instrumental básica para la formación académica de los alumnos, y el de materia que debe proporcionar la formación científica esencial propia del estudiante de ingeniería. Desde nuestro punto de vista, el quehacer de las profesoras contribuye a que la enseñanza de la física cumpla tales funciones en el contexto de la formación básica de la ingeniería.

5.3.1 El carácter instrumental

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

5.3.2 El carácter formativo

tiene que ver con la necesidad de que el estudiante desarrolle ciertas habilidades que a primera vista no se relacionan con los contenidos de la física, pero que sí que son necesarias para desenvolverse adecuadamente dentro de este campo y el de la ingeniería. El quehacer de las profesoras incluyen el uso de una serie de recursos y estrategias que contribuyen a promover, en los alumnos, el desarrollo de un conjunto de habilidades que tienen que ver con argumentar, justificar, razonar, describir, explicar, etc., (procesos cognitivo-lingüísticos), comparar, interpretar, etc., (habilidades cognitivas), además de ayudar a los alumnos a aprender a pensar en forma abstracta, con conceptos científicos y con base en los modelos científicos de la física (capacidad de abstracción). También contribuyen al desarrollo de capacidades esenciales como organización, análisis, metodología para resolución de situaciones problemáticas[2], relacionar y aplicar los conocimientos a la práctica, explicar fenómenos y hacer preguntas sobre ellos, entre otras.

Consideramos que pudieran aportarse 'más' elementos de formación al estudiante de ingeniería. Echamos en falta más trabajo orientado a promover en el alumno la capacidad para buscar, procesar y analizar información procedente de diversas fuentes, capacidad de comunicación oral y escrita, así como el brindar a los alumnos espacios

de trabajo donde intenten resolver problemas en entornos cooperativos y/o colaborativos, donde puedan trabajar en interacción con otros estudiantes para superar los problemas, puedan probar, fallar y recibir retroalimentación, discutir, analizar, razonar; en general argumentar, comunicarse, etc.

Percibimos que en la actualidad el aspecto que tiene que ver el trabajo en equipo, no se 'cuida', no por desconocimiento de las profesoras respecto a la importancia de este elemento en el 'perfil' de un ingeniero (de hecho las tres profesoras lo son); sino más bien, porque requiere de la dedicación de más tiempo del que necesitaría en una sesión de problemas 'guiada' por ellas, y que afectaría la programación con base en la que, y por cuestiones relacionadas con los requerimientos institucionales, laboran por semana y durante todo el período lectivo.

6. Reflexiones finales

Queda claro es que una clase es una situación activa semiótico-comunicativa mucho más rica de lo que a primera vista pudiera parecer y que la creatividad, buena disposición y experiencia de los profesores aportan instrumentos muy útiles para la creación y transformación de conocimientos físicos y para convencer a los alumnos.

Las explicaciones son un 'todo' articulado por diferentes modos comunicativos y recursos didácticos usados; incluyendo la incorporación de experiencias demostrativas para atribuir sentido a la materia. Este elemento refiere los aspectos globales de la didáctica que todo profesor (partiendo que además de 'saber' un contenido, debe 'poder explicarlo') debe conocer para enfrentar de manera adecuada su práctica docente y, en especial, al dominio que debería tener respecto a la relación entre los contenidos que enseña y su conocimiento respecto a estrategias de enseñanza.

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. Tiene que ver con varios elementos importantes: ciertas acciones de los docentes contribuyen a un acercamiento con los alumnos; dar oportunidades de participación y/o interacción entre los participantes del proceso educativo crea un sentido de trabajo cooperativo; la flexibilidad del profesorado para adaptarse a los aportes de los alumnos y utilizarlos en la construcción de un conocimiento compartido a partir del consenso del grupo clase y no de la imposición de la 'voz' del profesor favorecen una sensación en los alumnos de ser considerados elementos activos dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Las profesoras no recogen en profundidad datos en relación con el conocimiento y formas de pensar que los alumnos tienen sobre cuestiones puntuales de la física, y que 'traen' a la clase. Este aspecto tiene que ver con los conocimientos previos y las concepciones de los alumnos. Las profesoras experimentadas tienen 'saberes experienciales' que se 'activan' en el tránsito de situaciones problemáticas (como una situación de enseñanza) y que les hacen 'saber' qué aspectos de la asignatura resultan comúnmente fáciles o difíciles de comprender y aprender por sus alumnos.

En general, 'saben', algunas confusiones y 'concepciones alternativas' de los alumnos en relación con ciertas entidades o ideas del campo de la mecánica y que suelen explicitarse más fácilmente en las clases; pero no manejan todas aquellas concepciones alternativas que son conocidas a partir de investigaciones; tampoco parecen ser conscientes de lo difícil que resulta hacer cambiar algunas de estas concepciones, ni de los esquemas argumentativos que hay debajo de muchas de estas concepciones alternativas tan fuertes.

Las enseñanzas estudiadas, pueden aportar más elementos para formación integral de los estudiantes de ingeniería. Es importante que los profesores conozcan qué aporta la física a la formación del ingeniero, y por tan-

to cómo debe abordar su enseñanza para que ésta pueda cumplir con su doble carácter.

En la enseñanza de la física, la manera de hablar de los profesores representa un elemento que tiene que ver directamente con el docente, pero que puede influir en el proceso de construcción de significados científicos de los alumnos. Puede contribuir a la reafirmación o continuidad, en caso de tenerlas, de 'concepciones alternativas' sobre la física. El acercamiento a los profesores en este sentido, habría de hacerse a través de actividades de formación, en las que se de a conocer a éstos la importancia de expresar con claridad y precisión los significados físicos de las entidades; así como algunas consideraciones epistemológicas de la enseñanza de la física como un factor que ayuda a interpretar la generación de conocimientos y el aprendizaje.

7. Implicaciones para la formación del profesorado

A partir de las 'fortalezas' y 'debilidades' de las enseñanzas estudiadas extraemos elementos del quehacer docente que nos orientan acerca de ciertos 'aspectos relacionados con el docente y la tarea de enseñar física, sobre los que hay que pensar' para mejorar la práctica del profesorado de física. No es intención de la investigación tomar necesariamente como prescripción para la formación de profesores el tipo de planificación de los profesores experimentados, pero si consideramos que ésta constituye una primera aproximación y 'base' para alcanzar recomendaciones realistas y modelos sencillos de clases a partir de los cuales reflexionar tanto con profesores de recién ingreso o principiantes, así como con los propios docentes con experiencia.

El modelo descriptivo de Ogborn se muestra como una buena base para la formación inicial y permanente de los profesores de ciencias. Su aplicación en situaciones concretas aporta recursos e instrumentos para mejorar en la práctica las explicaciones. El modelo interpretativo, que subyace en el modelo descriptivo de Ogborn, permite aportar a la formación inicial y permanente del profesorado de ciencias una nueva manera de ver las clases que ayudará a entender y a mejorar las actuaciones. La perspectiva multimodal incorporada al modelo de Ogborn, enriquece la perspectiva semiótico-comunicativa y aporta información relevante para la formación de profesores.

*** Thamara J. Fegúndez**
Docente e investigadora de la Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. Venezuela.

**** Marina Castells**
Docente e investigadora de la Facultat de Formaciò del Profesorat. Universitat de Barcelona. España.

Notas

1 Título original: Explaining science in the classroom.

2 Aun cuando no los analizamos, destacamos la presencia en aquellas sesiones de clase posteriores a la culminación de un tópico o tema dado, de espacios destinados al planteamiento, análisis y resolución de problemas dirigidos por las profesoras.

Bibliografía

Castells, M. (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 Ciencias, VENPECI). Sao Paolo. Disponible en: http://www.fc.unesp.br/abrapec/venpec/atas/conteudo/conferencias/c5.pdf.

Guidoni, P. (1985). On Natural Thinking. *European Journal of Science Education*, 7, 33-140

Halliday, M. (1978). *Language as Social Semiotics,* London: Edward Arnold.

Halliday, M. (1985). *An Introduction to Functional Grammar*, London: Arnold.

Izquierdo, M., Márquez, C. & Espinet, M. (2001). *Interactions in the classroom. Dialogue: multimodal communication*. Ponencia presentada al ESERA 200. Meeting, Thesalonihi, Greece.

Jewitt, C. (2002). La representación visual en la clase de ciencias: potencialidades de los modos y aprendizaje. A*ula de innovación educativa XI,* Diciembre 2002, 117, 41-44.

Jewitt, C., Kress, G., Ogborn, J. & Tsatsarelis, C. (2001a). *Exploring learning through visual, actional and linguistic comunication: the multimodal environment of a science classroom*. Educational Review, 1(53), 5 -14.

Bibliografía

Jewitt, C., Kress, G., Ogborn, J. & Tsatsarelis, Ch., (2001b). Multimodal teaching and learning: rhetorics at the science classroom.

Jiménez-Aleixandre, M. (2001). Análisis del discurso de aula: argumentos, operaciones epistémicas, construcción de datos. Revista Enseñanza de las ciencias, Número extra. VI Congreso. 317-318.

Jiménez-Aleixandre, M., Bugallo, A. & Duschl, R. (2000). 'Doing the lesson' or 'Doing Science': Argument in High School Genetics. Science Education, 84: 757-792.

Kress G., Ogborn, J., Jewitt, C. & Tsatsarelis C. (1998). 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.

Kress, G., Ogborn, J., Jewitt, C. & Tsatsarelis, C. (2000). The rhetorics of science classroom: a multimodal approach . ESRC Institute of Science Education.

Kress, G. & Hodge, R. (1988). Social Semiotics. Routhledge: London.

Kress, G. & Ogborn, J. (1998). Modes of representation and local epistemologies: The presentation of science in education. SISC Working paper.

Kress, G. & Van Leeuwen, T. (1996). Reading Images: The Grammar of Visual Design. London: Routledge.

Kress, G. & Van Leeuwen, T. (2000). Reading images: a grammar of visual design. London: Routledge.

Kress, G., Ogborn & Martins (1998). A satellite view of language: Some lessons from science classrooms, Language awareness, 7(2&3), 69-89.

Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J. & Tsatsarelis, C. (2001). Multimodal Teaching and Learning: The Rhetorics of the Science Classroom, London and New York: Continuum.

Lemke, J. (1983). Classroom comunication of science. Informe final para la U.S. National Science Foundation (ERIC Document reproduction Service. ED 222346).

Lemke, J. (1993), Talking Science: Language, learning and values. Norwood New Jersey: Ablex Publishing Corp.

Lemke, J. (1997). Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores (edición original en inglés, 1993: Talking Science: Language, learning and values).

Lemke, J. (1998a). 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.

Lemke, J. (1998b). Analysing Verbal Data: Principles, Methods and Problems.

Lemke, J. (1999) . Teaching All the Languages of Science: Words, Simbols, Images, and Actions. Disponible en http://www-personal umich edu/~ja lemke/papers / barcelon htm; http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/jll-new.htm

Martins, I. (2001) Visual imagery in school science texts. In Graesser, A., Otero, J., De León J. A. The Psychology of Scientific Discourse Comprehension. Mahwah. N.J: Lawrence Erlbaum Associates.

Martins, I. & Ogborn, J. (1997). Metaphorical reasoning about genetics. International Journal of Science Education, 19(1), 47-63.

Medina, J. (2006). Deseo de cuidar y voluntad de poder. La enseñanza de la enfermería. Barcelona. Publicaciones Universidad de Barcelona.

Mortimer, E. (1998) Multivicedness and univocality in the classroom discourse: an example from theory of matter. International Journal of Science Education, 20(1), 67-82.

Mortimer, E. & Scott, P. (2003) Meaning making in secondary science classrooms. Maindenhead: Open University Press.

Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. & McGillicuddy, K. (1996): Explaining science in the classroom. Open University Press.

Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. & McGillicuddy, K. (2002). Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria. Santillana, aula XXI.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(2), 4-14.

Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform Harvard Educational Review, 57(1), 1-22.

Scott, P. & Mortimer, E. (2002). Discursive activity on the social plane of high school science classrooms: a tool for analysing and planning teaching interactions. Paper presented at the 2002 AERA. Annual Meeting, New Orleans. USA.

Stake, R. (1998). Investigación con estudio de casos. Madrid: Morata.

Vygotsky, L. (1978): Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, M.A.: Harvard University press.

Vygotsky, L. (1992). Pensamiento y lenguaje. México: Ediciones Quinto Sol, 2a. reimp.

Wilson, S. M., Shulman, L. S., & Richert, A. E. (1987). '150 different ways' of knowing: Representation of knowledge in teaching. In J. Calderhead (Ed.). Exploring teachers' thinking (pp. 104-124). London: Cassell