

"¿Qué cosa es el calor?" Interacciones discursivas en una clase de Física

Ana G. Dumrauf¹ y Silvina Cordero²

Grupo de Didáctica de las Ciencias, IFLYSIB, UNLP-CONICET-CIC, Argentina. E-mails: adumrauf@iflysib.unlp.edu.ar, scordero@netverk.com.ar

Resumen: Este artículo presenta los resultados de un análisis de las interacciones discursivas entre un docente y sus alumnos en una clase de Física de nivel preuniversitario, en una actividad que se inicia con la explicitación de ideas previas acerca de la noción de calor. Para ello utilizamos un marco multidimensional de análisis, que combina diversas ópticas de estudio, en un intento por capturar las interacciones áulicas, y los procesos de re-construcción de conocimientos que tienen lugar a partir de las mismas, en toda su complejidad y dinamismo. Sumando a este marco aportes de diversas perspectivas teóricas, recuperamos la estructura y los ciclos de acción del docente, sostenidos, a su vez, por las dimensiones afectiva, social e institucional.

Palabras clave: interacciones discursivas, calor, inestabilidades, estrategias docentes.

Title: "What is do the heat?" Discursive in a class of physical interactions.

Abstract: This article presents the results of an analysis of the discursive interactions between a teacher and pupils in a class of physical pre-academic, levels of activity starting with the explicitation of previous ideas about the notion of heat. To do this we use a multidimensional framework of analysis, combining various optical study, in an attempt to capture the interactions aulics, and the re-construction of knowledge occurring processes to starting in all its complexity and dynamism. Adding to this framework contributions from various theoretical perspectives, we retrieve the structure and the sustained, the teacher, action cycles turn by dimensions emotional, social and institutional.

Keywords: discursive interactions, heat, instabilities, strategies teachers.

Introducción

La adopción de la perspectiva constructivista respecto del aprendizaje y la enseñanza de las ciencias implicó concebir al alumno como sujeto activo en la conducción de su proceso de construcción del conocimiento. Se consideró también a los alumnos, como poseedores de concepciones propias de los fenómenos naturales, desarrolladas a partir de su experiencia con el mundo y con los otros, es decir, ya antes de la instrucción formal. Esas concepciones personales, distantes en muchos casos del conocimiento aceptado como científico, pasaron, a través de la óptica constructivista, a

ser vistas no como simples "errores", sino que se transformaron y fueron reconceptualizadas como señales del recorrido de aprendizaje realizado por el sujeto.

Coherentemente con esta visión, la investigación en Educación en Ciencias, desde fines de los años '70 y durante toda la década de los '80, focalizó su atención en los contenidos de las ideas de los estudiantes con relación a los diversos conceptos científicos (Gil Pérez, 1994). Esta tendencia, dominante en el Movimiento de las Concepciones Alternativas, se interesó fundamentalmente por detectarlas, identificarlas y caracterizarlas; escasamente, en describir sus orígenes (Pozo, 1996); y esperanzadamente, en elaborar estrategias de sustitución/relativización de las mismas por los conocimientos científicos ciertos/consensuados¹ (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Diversas limitaciones halladas por esta perspectiva de investigación – entre otras, el énfasis puesto en el proceso individual de construcción del conocimiento y la consecuente desatención a las variables sociales que participan del mismo – llevaron a que, a fines de la década de los '90, algunos investigadores se propusieran un nuevo abordaje de la educación científica. Partiendo de concebirla como proceso de comunicación, centraron sus análisis en las interacciones discursivas que se producen en las aulas (por ejemplo Lemke, 1997; Mercer, 1997; Mortimer y Horta Machado, 1997). Se interesaron por las interacciones discursivas ya que *"desde esta perspectiva, se entiende que el discurso permite, a partir de su doble funcionalidad comunicativa y representativa, hacer públicos, modificar, contrastar, negociar, redefinir y reconstruir los propios significados en la relación y la interacción con otros y, muy particularmente en la interacción educativa"* (Colomina *et al*, 2001: 69). Dichos trabajos visualizan a la educación científica *"como la entrada en una nueva cultura, diferente de la cultura del sentido común"* (Mortimer y Horta Machado, 1997: 140). Tal ingreso se da, a partir de esta perspectiva, a través de un proceso de interacciones discursivas, en el cual el profesor posee un papel fundamental, como representante de la cultura científica.

Este trabajo pretende ser un aporte a esta perspectiva de indagación. Específicamente hemos realizado un análisis de las interacciones discursivas entre un docente y sus alumnos y alumnas de Polimodal², durante una actividad de explicitación de concepciones previas respecto a la noción de calor.

El término calor forma parte del lenguaje cotidiano y también del científico. A partir del lenguaje y las experiencias de la vida diaria construimos descripciones y explicaciones acerca del comportamiento y la naturaleza de objetos "calientes" y "fríos" (Domínguez Castiñeiras *et al*, 1998). Desde el punto de vista científico, el concepto de calor es central para la Termodinámica y ha sufrido cambios en su significado en el desarrollo de esta disciplina. Fue considerado una sustancia durante el siglo XVIII, una onda (en el marco de la teoría ondulatoria del calor, entre 1820

¹Esas variantes terminológicas denotan momentos diferentes y posiciones epistemológicas diversas que tuvieron lugar en la historia del Movimiento de las Concepciones Alternativas.

²Ciclo educativo preuniversitario, no obligatorio. Posee diversas modalidades, de acuerdo al establecimiento. El caso que se presenta corresponde a la modalidad Ciencias Naturales.

y 1830) y una forma de energía (interpretado de esta manera por Clausius y Joule hacia mediados del siglo XIX). Actualmente es considerado como una forma (o proceso) de transferencia de energía (Cotignola *et al*, 2002) y tal es el sentido al que pretendió arribar el docente que fue sujeto de nuestro estudio.

La pregunta inicial que guió nuestra investigación fue: ¿Cuáles son las interacciones discursivas entre un docente y sus alumnos, en una clase de Física de nivel preuniversitario, cuando se construye conocimiento sobre el concepto de calor?

A fin de responder a dicha pregunta, partimos de la utilización del marco multidimensional de análisis elaborado por Leander y Brown (1999). El mismo combina diversas ópticas de estudio, en un intento por capturar las interacciones áulicas, y los procesos de re-construcción de conocimientos que tienen lugar a partir de las mismas, en toda su complejidad y dinamismo. A éste sumamos las perspectivas de Tiberghien (1994) respecto al papel de los modelos en la ciencia y la educación científica, las de Mortimer y Horta Machado (2000) respecto a la utilización de diferentes tipos de discursos en la educación en ciencias; y los trabajos de Souto (1993) y Barreiro (1995) acerca de las dimensiones más implícitas o latentes de los hechos educativos.

En el siguiente apartado caracterizamos el contexto y la metodología de investigación utilizada. Luego presentamos las dimensiones que integran el marco de análisis propuesto por Leander y Brown (1999). Estructuramos la sección de análisis de la información atendiendo a dichas dimensiones y presentamos, a través de fragmentos, una visión general del episodio analizado. Luego, discutimos los resultados integrando, en un primer movimiento de recorrida por las dimensiones de análisis, informaciones procedentes de entrevistas a estudiantes y articulando nuevas perspectivas teóricas; y en un segundo movimiento, y como un aporte a la práctica docente, delineamos la estructura de acción del profesor, emergente luego de la reconstrucción y análisis de las diversas (in)estabilidades a partir de estas interacciones áulicas. Finalmente consideramos las contribuciones de nuestro estudio al campo de investigación de la educación en ciencias.

Contexto de investigación y metodología

Esta indagación se llevó a cabo a través de un estudio de caso, seleccionando para ello a un docente caracterizado, en base a entrevistas previas, como un profesor innovador (Libedinsky, 2001). Los rasgos que lo definen como tal son: su preocupación por aspectos disciplinares y didácticos (manifiesta en la búsqueda y realización de numerosas instancias de formación docente), su atención a los intereses de los estudiantes (en la elaboración de sus propuestas de intervención) y la consideración de las opiniones de los colegas (en la construcción conjunta de proyectos áulicos).

La escuela seleccionada pertenece al sistema de educación pública y se encuentra ubicada en el radio céntrico de la ciudad de La Plata (Provincia de Buenos Aires, Argentina). El curso estaba compuesto por 20 estudiantes, de los cuales ocho eran mujeres y doce varones y tenían entre 16 y 18 años. Con base en la ocupación de los padres, podría caracterizarse al grupo

como perteneciente a sectores medios-bajos, desde el punto de vista económico. La participación de los estudiantes en la escuela no se reducía a su asistencia al dictado de las diversas asignaturas; la escuela ofrecía numerosas actividades complementarias: teatro, fútbol, volley, etc.

La recolección de información para este estudio se realizó en dos etapas: una etapa piloto de trabajo de campo, en la cual se realizaron una entrevista con el docente a cargo del curso (semiestructurada, con registro audiograbado) y videograbaciones de prueba, que permitieron la definición de estrategias de videograbación de clases; y una etapa principal de trabajo de campo, en la que se mantuvieron varias charlas informales (con registro escrito) y se llevó a cabo una entrevista semiestructurada con el docente (con registro audiograbado); videograbaciones siguiendo el desarrollo de la unidad temática de "Termodinámica"; encuestas a los estudiantes; recolección de las carpetas de los estudiantes; y entrevistas semiestructuradas a alumnos y alumnas que se ofrecieron voluntariamente.

En cuanto al análisis de la información, la etapa de inmersión y organización de los datos implicó la desgrabación literal de las entrevistas realizadas al profesor del curso; la lectura de los videos correspondientes a las clases de la unidad pedagógica de Termodinámica y la construcción de mapas generales (Cordero *et al*, 2002) en los cuales: 1) se identificaron los tipos de actividades desarrolladas, su duración y ubicación en los videos, los contenidos abordados, el número de alumnos participantes y 2) se describieron, de manera narrativa y secuencial, las acciones y los dichos de los participantes, agregando algunas impresiones personales surgidas en la lectura de los datos. Posteriormente también transcribimos tres entrevistas a grupos de estudiantes y realizamos un primer análisis cualitativo de los textos producidos, a partir de su recorte por pregunta y por tema emergente. Dichas entrevistas constituyeron una base secundaria de información para este trabajo.

La base de videograbaciones obtenida consistió en aproximadamente doce horas de clase, de las cuales cinco correspondieron al tema Gravitación y siete horas se dedicaron a la unidad pedagógica de Termodinámica. Estas siete horas cátedra (de 55 a 60 minutos de duración cada una) se distribuyeron en seis clases, desarrolladas a lo largo de cinco semanas³.

La lectura de las videograbaciones nos permitió reconstruir el desarrollo de la unidad de Termodinámica. Ésta se inició con el relevamiento de las nociones previas de los alumnos respecto al calor y la definición, por parte del docente, del calor como "*forma de transferir energía entre dos cuerpos a diferentes temperaturas*". La primera clase de la unidad finalizó con una presentación docente, en forma expositiva, de las diferentes escalas para medir la temperatura y las relaciones de conversión entre ellas. En la segunda clase el docente planteó actividades a fin de abordar las escalas termométricas y los conceptos de calor, temperatura, conducción, convección y radiación, a través de la resolución de un ejercicio escrito de cambio de escala y la búsqueda de definiciones en el libro de texto (Hewitt, 1999). La tercera clase se inició con un repaso de las temáticas ya

³ Varias clases fueron suspendidas debido a medidas de protesta realizadas por los docentes en reclamo del pago de salarios adeudados.

desarrolladas, el docente explicitó las unidades de medida de calor e introdujo expositivamente el concepto de energía interna. Durante la cuarta clase (de dos horas de duración) se retomó el concepto de calor, se trabajó sobre el equilibrio térmico, la dilatación térmica y la primera ley de la termodinámica (a través de la discusión en grupos de alumnos respecto a situaciones problemáticas). En la quinta clase, los estudiantes discutieron en grupos, de entre tres y cinco integrantes, situaciones problemáticas extraídas del libro de texto. Éstas abordaban los conceptos de: equilibrio térmico, convección, conducción y primera ley de la Termodinámica. En la sexta y última clase se realizó una revisión expositiva de lo tratado y el docente enunció la segunda ley de la Termodinámica.

Como primera estrategia a seguir para la caracterización de las interacciones discursivas entre el docente y los estudiantes se clasificaron las actividades desarrolladas según diversos aspectos: tipo de actividad, contenidos conceptuales tratados y calidad técnica de la filmación. Teniendo en cuenta estos aspectos se determinaron episodios (unidades significativas de análisis) que se desgrabaron para su análisis en profundidad. El primero de ellos consistió en una actividad de explicitación y discusión general respecto a la noción de calor, desarrollada en la primera clase de la unidad de Termodinámica, que tuvo una duración de aproximadamente 18 minutos.

En este trabajo escogimos presentar el análisis de dicha actividad, por tratarse de un tipo de estrategia – la elicitación y discusión de ideas previas sobre el calor – considerada relevante desde una perspectiva constructivista de la enseñanza, pero cuya orientación y modalidad de desarrollo es objeto de debate entre docentes e investigadores del campo educativo (Pozo y Gómez Crespo, 1998). El marco de análisis utilizado como punto de partida se describe en la próxima sección.

Marco teórico

En el campo de la investigación sobre la educación científica el trabajo de Leander y Brown (1999) constituye, a nuestro entender, un abordaje original para el estudio de interacciones discursivas en el aula que combina y sintetiza perspectivas analíticas hasta ahora sólo trabajadas independientemente. Los autores presentan un marco multidimensional y multirreferenciado para el estudio de las interacciones sociales entre docente y alumnos, en clases universitarias de física (los episodios analizados por ellos se refieren al desarrollo de una unidad temática sobre Vibración). Este marco incluye seis niveles de análisis/perspectivas/"dinámicas" diferentes: conceptual, focal, discursivo-simbólica, institucional, social y afectiva. Los investigadores describen las diferentes dinámicas como (in)estabilidades, resaltando de este término su carácter dual, ya que cada una de ellas se caracteriza por un lado, por el movimiento y la negociación, y por otro lado, por la fijación o alineación⁴. Pretenden superar las perspectivas que separan los datos tomados en el aula en "señales", focalizadas y deseables, y "ruido" divergente, brindando atención equivalente a aspectos raramente considerados en un mismo nivel.

⁴El término en inglés es "*alignment*", sugiriendo un proceso semejante a las alianzas, y que traducimos aquí como "alineación" o "alineamiento".

La idea de *(in)estabilidad conceptual* pretende reflejar las teorías actuales con relación a las características de las concepciones científicas personales⁵. La *(in)estabilidad conceptual* se refiere también a los alineamientos y las reorganizaciones, a los cambios de posición de los individuos (en general implícitos) a lo largo de una interacción, a nivel interpersonal.

La *dinámica focal* hace alusión a cómo los participantes en una interacción establecen situaciones específicas o focales para el análisis. A lo largo de la interacción se presentan diferentes situaciones focales en forma de problemas a ser resueltos o evidencias que sustentan posturas de los distintos hablantes. Los autores presentan como ejemplo un docente arrojando hacia arriba su lápiz, para mostrar por medio del habla y de gestos, la aceleración constante del objeto tanto en la subida, cuanto en la caída. "*La estabilización focal puede ser caracterizada como un proceso de objetivación, en el cual aspectos del mundo 'externo' son generados porque se comparten firmemente condiciones de contexto ecológico-cultural*" (Leander y Brown, 1999: 97). Pero la falta de tal marco compartido, así como la existencia de propósitos diversos entre los individuos, puede producir perturbaciones en esa estabilidad focal. Se genera entonces la *(in)estabilidad focal*.

La *(in)estabilidad discursiva* refleja los diversos movimientos discursivos de negociación para la construcción de significados en el aula. Basados en los estudios de Bakhtin (1981), los autores se proponen ratificar el carácter inestable del propio lenguaje, sin olvidar la relativa estabilidad de ciertas formas lingüísticas (de los géneros discursivos, por ejemplo). Leander y Brown especifican que esta dinámica es discursivo-simbólica, ya que consideran que "*los estudiantes no están simplemente leyendo el 'libro de la naturaleza', al estudiar ciencias, sino luchando para interpretar y dar sentido a las construcciones simbólicas que la comunidad científica ha producido como interpretaciones de la naturaleza*" (Leander y Brown, 1999: 97).

La *(in)estabilidad institucional* parte de concebir a la institución educativa como "*sistema colectivo de actividad*" lo cual implica que, para comprender su funcionamiento y evolución, es preciso analizar las relaciones entre individuos, herramientas, objetivos, reglas, comunidad y división del trabajo. Dicha institución y sus objetivos se desarrollan dentro de una red de relaciones complejas, y son altamente co-construidos por los individuos. Poseen, por lo tanto, contradicciones internas, cambios, innovaciones, y son objeto de desarrollo. Los objetivos institucionales, en un aula, mediatizados en general por las tareas propuestas por el docente, a veces chocan con intereses personales de los estudiantes, siendo necesarias negociaciones; ellas producen alineamientos y posicionamientos de los individuos, que no son estables, sino que cambian a lo largo de la interacción.

De acuerdo con Leander y Brown (1999) la *(in)estabilidad social* pretende reflejar cómo los participantes en una interacción se asocian, establecen alineamientos, se oponen y disocian unos de los otros permanentemente.

⁵Consideradas, por algunos investigadores, marcos alternativos estables o "teorías ingenuas", similares en estabilidad a las teorías científicas consensuadas; y por otros, como fragmentos de conocimientos personales que se encajan circunstancialmente, con relación a contextos y momentos particulares.

Entendemos que esta dimensión da cuenta también de los movimientos en torno al manejo del poder en el aula y la red de relaciones que, desde esta perspectiva "sociopolítica", se establecen.

La *(in)estabilidad afectiva* se vincula con la manifestación de emociones individuales o colectivas, y por ello se relaciona con la dinámica social, pero también con otras dimensiones, como la conceptual, ya que pueden generarse y expresarse, por ejemplo, sentimientos de entusiasmo o de frustración al comprender o no un tema.

Los autores plantean una metáfora de "*danza de (in)estabilidades*". Al caracterizar cada una de las *(in)estabilidades* por un lado a través del movimiento y la negociación y, por otro, mediante la fijación y la alineación, la "danza" captura en parte la imagen de movimientos coordinados y encontrados que pueden analizarse en toda situación áulica. Esta metáfora coincide plenamente con nuestra percepción de la complejidad y vitalidad de los fenómenos educativos.

Análisis de la información y resultados

El episodio analizado se desarrolló luego de dedicarle algún tiempo de la clase a lo que podríamos considerar "enmarcar curricularmente" la actividad propuesta: enunciación del tema de la clase, tiempo a destinarle del curso y su ubicación en el libro de texto (capítulos 21 a 24 del libro de Hewitt, 1999). A continuación el docente solicitó la elaboración de una definición en diadas respondiendo a la pregunta: "*¿Qué cosa es el calor?*". Analizaremos aquí la explicitación y discusión general sobre la noción de calor, a partir de las definiciones elaboradas por alumnos y alumnas.

El recorrido conceptual del episodio puede resumirse en: seis diadas de alumnos, de los dieciocho presentes, fueron leyendo su producción. El docente fue rescatando diversos elementos y sintetizándolos en el pizarrón en forma de esquema. Las definiciones de calor propuestas por los estudiantes fueron:

"es un tipo de energía que se libera al rozar o chocar los cuerpos"

"se llama calor al exceso de la temperatura cuando por ejemplo los cuerpos se mueven y liberan energía"

"calor es lo que se libera cuando se produce un roce entre dos cuerpos"

"calor es una forma de energía proveniente del roce y de otros factores como pueden ser los climáticos"

"cuando dos objetos se rozan o chocan, éstos producen una fuerza llamada calor"

"el calor es un tipo de energía que se produce a través de alguna actividad o de algún roce con otro cuerpo".

A medida que las definiciones iban siendo presentadas, el docente destacaba aquellos aspectos que aportaban a una definición de calor más próxima al conocimiento científico y discutía, hasta descartar, los aportes no válidos a ese propósito. Sobre la base de las definiciones presentadas y de diversos intercambios con los estudiantes, a lo largo de la discusión el

docente rescató los siguientes elementos: el rozamiento como una de las causas de transferencia de energía; la asociación de calor con energía; la idea de liberación de energía; y la liberación de energía producida por un motor. Introdujo en la interacción las siguientes ideas: la energía se intercambia entre sistemas ("cuerpos") en condiciones determinadas; la variación de energía cinética de los átomos y moléculas de los sistemas cuando intercambian energía por medio del proceso denominado calor y la definición de calor como proceso de transferencia de energía, analizado en este contexto entre dos "cuerpos" o sistemas a diferentes temperaturas. Gran parte de la discusión se dedicó a descartar, a partir del análisis de un caso concreto, la idea propuesta por los alumnos de que existiera alguna fuerza en los procesos de transferencia de energía considerados.

Esta discusión estuvo inmersa en un clima distendido, en el cual no faltaron situaciones humorísticas, de las que participaron estudiantes y docente. También se produjo una interrupción al entrar la preceptora del curso para retirar a un alumno del aula.

A partir de la propuesta de análisis de Leander y Brown (1999), revisamos el episodio a través de las dimensiones conceptual, focal, institucional, discursivo-simbólica, social y afectiva.

(In)estabilidad conceptual: La relectura de las definiciones de los alumnos nos permite obtener una imagen de sus asociaciones conceptuales. Cabe señalar previamente que se observa un estilo de definición que podríamos considerar "libresca", no cotidiana. Aparecen algunas asociaciones a "factores climáticos", lo cual remite al lenguaje cotidiano, o al calor producido por una "actividad" o movimiento, que podría vincularse con uno de los siete marcos alternativos descritos por Watts y Gilbert (1989), en el que el calor se asocia con el movimiento. Pero otro aspecto que surge inmediatamente implicaría una estabilidad conceptual. A excepción de una, todas las definiciones establecen relaciones entre la noción de calor y la existencia de roce o rozamiento entre dos cuerpos. Dicha asociación no aparece en las investigaciones que han relevado las ideas previas respecto al calor (con excepción de la realizada por Cárdenas (1997), en la cual no se registró de manera recurrente). Según Domínguez Castiñeiras *et al* (1998) las ideas alternativas más frecuentes acerca del calor pueden resumirse en: *"algo material, contenido en el cuerpo (sistema); cuanto más calor tiene el cuerpo más caliente estará. En los cuerpos el calor puede pasar de unas partes a otras o de unos cuerpos a otros"* (pág. 462). En las definiciones elaboradas por los estudiantes de nuestro estudio no aparecen estas ideas. Podríamos pensar que, en busca de alguna respuesta que "sonara" científica al requerimiento del docente, la mayoría de los alumnos acudió a sus conocimientos relacionados con situaciones analizadas desde la Dinámica. Esta unidad temática había sido desarrollada previamente y brindaría a los estudiantes el contexto y la continuidad (Edwards y Mercer, 1994) en la construcción conjunta del conocimiento. Según Edwards y Mercer (1994) *"el contexto es el conocimiento común de los hablantes invocado por el discurso. [...] El concepto que tienen los participantes de los contextos mentales de los demás puede estar equivocado o, lo que es más probable, ser acertado sólo en parte. [...] La continuidad es una característica del contexto y es también contexto al desarrollarse en el curso del tiempo en el proceso de la*

charla y la acción conjunta" (pág. 179-180). El hecho de que el docente anunciara el inicio de una nueva unidad pedagógica, no implicó para los estudiantes dejar de recurrir a los temas abordados previamente. Por otro lado, cabe señalar que estas respuestas coincidentes parecen partir de un modelo macroscópico de los fenómenos que, como veremos, será puesto en cuestión a lo largo de la discusión.

(In)estabilidad focal: Una vez leídas todas las definiciones y enunciada la asociación entre calor y energía, el docente aparentemente decidió orientar la discusión hacia la relación entre calor y temperatura y la definición de calor. Para ello, preguntó a los alumnos cómo podrían "notar que algo está caliente", los alumnos plantearon que "tocándolo".

- 133 D⁶ Bueno, entonces, ¿compartimos la idea de que calor es una forma estee...
- 134 Alumno De liberar energía.
- 135 D de energía? Y ¿cómo yo puedo notar que algo está caliente?
- 136 Alumno Tocándolo.
- 137 Alumno Temperatura
- 138 D ¿Cómo?
- 139 Alumno Tocándolo.
- 140 María Tocás y enseguida te das cuenta.
- 141 Alumna O no.

El docente decidió tomar la propuesta de los alumnos de basarse en las sensaciones y cuestionarla a través del planteo de una experiencia. Le propuso a un alumno, Pedro, tocar con una mano la pared, y con la otra su mano. Ante esta situación, los estudiantes realizaron comentarios humorísticos y rieron. El docente le propuso a Pedro cambiar de lugar sus manos (intervención 151) y preguntó qué sentiría cuando se produjera el cambio y tocara su mano (la del docente) con la mano que tenía apoyada en la pared.

- 149 D Ajá. Bueno vamos a notar entonces un poco la propuesta de Pedro. Pedro lo que va a hacer ahora es poner la mano sobre la pared. Una mano sobre la pared, ¿sí? y la otra así en el aire, ¿está? Entonces mientras tanto con la mano que está, que tiene en el aire va a tocar mi mano. Y va ***. ¿Sí? Bueno...
- 150 Alumno ¡¡¡Se ha formado una pareja!!!
- 151 D ^Ahora. Ahora va a comparar la sensación con mi mano, con la mano que estaba en el aire y la sensación con la mano que estaba contra la pared. Ahora cambiemos de mano.

⁶Convenciones utilizadas: D: docente. Para los alumno/as identificados con nombres se han usado seudónimos. Los símbolos *** substituyen palabras no audibles y los símbolos ^ vinculan el texto con la acción descrita en la otra columna.

¿Cómo sentís mi mano ahora con la mano que estaba contra la pared?

152 Juana Y, pero la pared está fría. Tiene la mano más fría ahora.

Uno de los estudiantes enunció que la mano estaba caliente "*a comparación de la otra*" (166). El docente tomó el término "*comparación*" (167) y preguntó si hubo cambios en la temperatura de su mano (171).

165 D Volvamos a la situación. Pedro tenía una ^Se toca la mano contra la pared y la otra en el aire. Con palma de la mano contra la pared tocaba la mía. ¿Sí?^ mano. Y notaba estee, lo que ocurría con mi mano. Después cambió de mano y ¿qué dijo?

166 Alumno Que la mano de usted estabaaa, estaba caliente, a comparación de la otra.

167 D A comparación de la otra.

168 Alumno Sí.

169 D La temperatura de mi mano.

170 José Pero no estaba la mano de usted caliente, estaba la mano de él fría.

171 D Ahhh. Pero la temperatura de mi mano ¿cambió?

172 Varios No.

173 D Bueno.

174 José La de la mano de él cambió.

Los alumnos intervinieron de manera superpuesta relacionando la variación en la sensación de las manos de Pedro con la "*transmisión de energía*". El docente pretendió iniciar la definición de calor, a partir de lo planteado, diciendo: "*a ese intercambio de energía que aparece entre dos cuerpos cuyas temperaturas...*" (183). Pero interrumpió esta definición, a fin de dar lugar a la intervención de los alumnos. Ello generó una serie de intercambios, ya que no existía acuerdo respecto a cómo eran las temperaturas y cuáles eran "*los cuerpos*" que se estaban analizando. Los alumnos inicialmente consideraban las temperaturas "*iguales*", "*estables*". El docente cuestionó estas ideas y José preguntó cuáles eran los sistemas u objetos en estudio (188). Al aclarar el docente "*la pared y la mano*", varios acordaron en que sus temperaturas eran diferentes. Entonces el docente completó la definición de calor consensuada científicamente (192).

178 Pedro ¿No cambia al recibir la transmisión de energía de la pared?

179 D Ajá, ¿y qué pasó cuando puso Pedro la mano contra la pared?

180 Pedro Porque si yo estoy un buen rato con la mano contra la pared lo que está arriba ***

- 181 Tomás Va a transmitir energía.
- 182 Voces superpuestas
- 183 D Justamente, exactamente, justamente, a ese intercambio de energía que aparece entre dos cuerpos cuyas temperaturas ¿cómo están?
- 184 Alumna Estables.
- 185 Varios Iguales.
- 186 D ¿Iguales? ¿O a diferentes?
- 187 Voces superpuestas.
- 188 José ¿De qué? ¿Las temperaturas de qué?
- 189 D La temperatura, la temperatura de la pared y la temperatura de la mano.
- 190 Tomás Ah, no, a distinta.
- 191 Alumna No, ¡diferentes!
- 192 D Bueno, justamente esa transferencia de energía cuando los cuerpos están a diferentes temperaturas le vamos a incorporar el nombre de calor. ¿Sí?

A través de la situación focal el docente habría logrado diferenciar las sensaciones de frío y calor de la noción de temperatura, y definir calor desde la idea consensuada científicamente. Apareció asimismo, en la secuencia presentada, un momento de inestabilidad de la situación en análisis: cuando varios alumnos consideraron que las temperaturas de los cuerpos en contacto eran estables o iguales. La inestabilidad pudo ser revertida a partir de la pregunta de José (188), que permitió identificar los objetos en estudio.

(In)estabilidad discursivo-simbólica: La presentación de las definiciones sobre calor elaboradas por los alumnos constituyó toda una etapa del episodio analizado durante la cual el docente actuó centralmente destacando algunos conceptos y anotándolos en el pizarrón. Si bien sus señalamientos no parecían tomar lo central de las producciones, y por momentos se distanciaban bastante de las mismas, su tono y sus intervenciones se mantuvieron, a nuestro criterio, dentro del género caracterizado por Bakhtin como "*discurso internamente persuasivo*": "*El discurso internamente persuasivo - como opuesto a aquel que es externamente autoritario- está [...] estrechamente entretelado con "las palabras de uno mismo". En el recorrido cotidiano de nuestra conciencia, la palabra internamente persuasiva es en parte nuestra y en parte "de alguien más". [...] [la palabra internamente persuasiva] entra en una interacción intensa, en lucha con otros discursos internamente persuasivos. [...] La estructura semántica de un discurso internamente persuasivo no es finita, es abierta; en cada nuevo contexto que dialoga este discurso es capaz de revelar nuevas formas de significar*" (Bakhtin, 1981: 345-346).

En este caso nos referimos a que, a pesar de la implícita selección que realizó, el docente tomó las palabras de los alumnos y con ellas fue

entretrejiendo un nuevo discurso, en el que inició una aproximación al conocimiento científico, vinculando las nociones de calor y energía.

- 4 Alumna Pusimos que es un tipo de energía que se libera al rozar o al chocar los cuerpos.
- 5 D Ajá. ¿Sí? O sea que pareciera que para ellas el calor, ¿qué cosa es?
- 6 Murmullo.
- 7 Alumno Rozamiento.
- 8 D La causa es el rozamiento por ejemplo.
- 10 Alumnos Murmullo.
- 11 D Y calor es energía, asocian el calor con la energía, ¿tá? Bien.

En el enunciado 11 el docente recuperó las palabras de la alumna ("*calor es energía*"), sin establecer una valoración, pero reformuló la idea, al introducir la palabra asociación (y no identificación) de calor con energía. En esta asociación sin embargo, no llegó aún a plantear la definición consensuada científicamente (calor como proceso de transferencia de energía).

Hacia el final del episodio, el discurso del docente cambió a fin de descartar la definición planteada por una diada de alumnas del calor como fuerza. Para ello retomó la situación focal ya comentada e interrogó a los alumnos sobre si existía o no alguna fuerza:

- 209 D [...] Perdón algo más que me olvidé de decir, ¿aparece alguna fuerza?, ¿aparece alguna fuerza en esa transferencia de energía?
- 210 Alumno No.
- 211 Alumna Roce.
- 212 Alumno Sí, de roce.
- 213 D Cuando puso Pedro la mano contra la pared, ¿hay fricción?
- 214 Varios No.
- 215 Alumno Sí.
- 216 D ¿Puso la mano así?
- 217 Varios Sí.
- 218 D ¿Estuvo?, ¿estuvo haciendo esto?^ ^Sube y baja la mano contra el pizarrón
- 219 A coro Nooo.
- 220 D ¿Entonces?
- 221 Germán Y, pero si no hay fricción se le cae. Es como apoyar la mano en una pared con ^Hace la mímica con la

- jabón.^ mano.
- 222 Alumna Hay contacto.
- 223 D Sí, pero yo podría apoyar la mano sobre la pared, apoyar y no empujar, apoyar nomás la mano sobre la pared y sin embargo no aparece la fricción. ¿Sí?
- 224 Ana Pero hay un contacto.
- 225 D Hay contacto, ¿sí? Pero no hay fricción. [...]

La secuencia claramente se cerró con una intervención categórica del docente, que descartó la presencia de fricción y no dio lugar a más cuestionamientos. El docente partió del discurso de los alumnos e intentó reconducir el análisis hacia la exclusión de la idea de la existencia de una fuerza de roce, pero se encontró con contraargumentaciones. Seis intervenciones de alumnos cuestionaron el planteo del docente. Entre éstas cabe destacar la de Germán (221) quien realizó un razonamiento físico correcto, desde el punto de vista de la Mecánica, y presentó una nueva situación focal (la pared enjabonada, es decir, "sin roce"). La inestabilidad generada por los alumnos al no aceptar el discurso del docente, lo obligó a diferenciar entre "apoyar" y "empujar". No es de extrañar que los alumnos no aceptaran el discurso del docente, pues contradecía lo que habían estudiado en unidades anteriores sobre el rozamiento. Los alumnos, con razón, argumentaban desde la perspectiva dinámica de las fuerzas de fricción que explica el incremento de temperatura de los sistemas implicados, por transformación y transferencia de energía entre los mismos. El docente elaboró en el momento un ejemplo que puede considerarse poco adecuado para desmontar la idea de "calor como fuerza" (ya que involucraba el aspecto estático de las fuerzas de fricción).

Su propuesta volvió a ser desafiada por Ana (224), quien insistió en la existencia de contacto (y, por ende, de roce). Ante esta situación su discurso asumió un carácter autoritario que, dejó de intentar convencerlos, y se convirtió en una imposición en la que se evidenciaba su lugar de poder en la interacción (225). Como caracteriza Bakhtin: *"La palabra autoritaria demanda que la aceptemos, que la hagamos propia; nos restringe, casi independientemente de cualquier poder que pudiera persuadirnos internamente; la encontramos con la autoridad ya fusionada en ella. La palabra autoritaria está localizada en la zona distante, orgánicamente conectada con un pasado que es sentido jerárquicamente superior. [...] No es por lo tanto una cuestión de elegirla entre otros discursos posibles que son sus iguales. Está dada (suena) en lenguaje de encumbradas esferas (como si fuera sagrado)"* (Bakhtin, 1981: 342).

Mortimer y Machado (2000) describen la alternancia entre el discurso internamente persuasivo y el autoritario, cubriendo en la enseñanza dos funciones diferenciadas. Con el primer tipo de discurso se estaría favoreciendo la generación de nuevos significados. Con el segundo, el docente transmitiría, consolidaría o reforzaría significados ya compartidos por toda la clase. De acuerdo con estos autores, todo discurso presenta, en mayor o menor medida, las funciones dialógica y unívoca. En el texto producido en las interacciones discursivas que ocurren en las clases de

ciencias, estas funciones son fundamentales, debido a que la tendencia del discurso científico es la de establecer significados inequívocos como parte de un texto unívoco. Sin embargo, para producir estos nuevos significados en la interacción discursiva, es necesario que el docente sostenga un diálogo con los estudiantes, permitiendo la aparición de "contrapalabras" y la interacción entre diferentes voces.

Otro aspecto relevante desde la óptica discursivo-simbólica se relaciona con el carácter de abstracción, a partir de lo empírico, que posee el conocimiento científico, y por tanto, de construcción social simbólica. En dicha construcción juegan un papel fundamental los modelos, que implican idealización imprescindible de las situaciones reales para su estudio (Tiberghien, 1994). En el episodio analizado identificamos una oscilación en el modelo propuesto por el docente para el análisis de los fenómenos termodinámicos. En algunos momentos se trabajó con un modelo macroscópico (por ejemplo, en la situación focal) y en otros los alumnos y el docente pasaron al nivel microscópico (al hablar de los átomos que componen los cuerpos). En el siguiente fragmento consideramos que dicha oscilación induce otro tipo de inestabilidad discursivo-simbólica, otro desencuentro de concepciones:

- 250 D Tengo dos cuerpos que están en contacto, ¿sí? ¿Hay energía cinética?
- 251 Alumno No.
- 252 Alumno No.
- 253 Alumno No.
- 254 D Energía cinética es energía de movimiento.
- 255 Alumno No se mueve.
- 256 D Ajá. El cuerpo no se mueve. ¿Hay algo del cuerpo que se mueva?
- 257 Alumno ¿Los átomos no se mueven para producir calor?
- 258 D Ni más ni menos. Justamente era lo que decía Germán, lo que decía Germán hoy. La vibración de las moléculas y los átomos que componen el cuerpo ciertamente que se están moviendo. ¿Sí? Si hay energía, algo tiene que existir justamente que entregue esa energía. El cuerpo recibe energía y entrega energía. Entonces la energía del movimiento aparece justamente por el movimiento de los átomos que están, este, vibrando.

Desde el punto de vista conceptual, en esta secuencia el docente no retomó la diferenciación entre calor y temperatura trabajada previamente, al no corregir la pregunta del alumno ("*¿Los átomos no se mueven para producir calor?*").

Pero lo que interesa señalar aquí es, que hasta el inicio de este fragmento, la discusión giraba en torno a lo que sucedía con el contacto entre la mano y la pared, utilizando un modelo macroscópico. En este marco, ambos sistemas en estudio se encontraban en reposo, por lo cual los alumnos consideraron la inexistencia de energía cinética. Ante la insistencia

del docente en analizar "*algo del cuerpo que se mueva*" (254 y 256), un alumno relacionó este requerimiento con el nivel microscópico y permitió al profesor hablar respecto a la energía cinética de los átomos que componen los cuerpos. La inestabilidad discursivo-simbólica en este fragmento sería producida por el cambio de modelo para el análisis de la situación exigido por el docente (implícitamente) y la continuación del razonamiento de los alumnos en el modelo macroscópico (tampoco explícito) abordado hasta ese momento.

(In)estabilidad institucional: Como dijimos más arriba, los objetivos de una institución educativa son altamente co-construidos por los individuos que la integran y se plasman, en el aula, en las tareas propuestas por el docente a los alumnos. Como plantea Gimeno Sacristán (1998: 251) "*la actividad escolar [constituye] la concreción de las finalidades implícitas y explícitas que tiene asignadas la institución escolar.*" Por ello analizaremos aquí cómo la tarea y sus objetivos evolucionaron en el episodio estudiado.

Los fragmentos ya presentados muestran un claro alineamiento, como dijimos anteriormente, de los alumnos en torno a definir el calor asociándolo con el roce. La aparición de este vínculo obligó al docente a utilizar gran parte del tiempo de la discusión a la superación de esta idea. Ello lo desvió de su objetivo – no explícito, mas evidente – de definir calor desde una noción más próxima al conocimiento científico. La actividad planteada y su modalidad de desarrollo – lectura, discusión, revisión de las definiciones elaboradas por los alumnos, y progresiva definición científica del concepto – situaba al docente en una posición inestable: al mismo tiempo que orientaba a los alumnos hacia una aproximación más abierta, incitando a la reflexión y discusión de sus ideas, buscaba cerrar y estabilizar ciertos conocimientos. La propuesta de explicitación de las concepciones previas de los alumnos y la simultánea presentación de la concepción científica provocaron la emergencia de incompatibilidades y contradicciones conceptuales. Si bien la manifestación de la inestabilidad es de carácter conceptual, una de sus raíces es institucional, por estar en estrecha relación con las características del tipo de tarea planteado. Vale aclarar que, reconocer las incompatibilidades e inestabilidades surgidas, no conlleva un juicio negativo hacia la estrategia implementada por este docente. Su opción metodológica evidencia su interés por lo que los alumnos piensan y su conciencia de la necesidad de dar voz a la multiplicidad de significados presentes en el aula, a fin de colocar en cuestión o relativizar dichas ideas. Esto es coherente con una concepción constructivista de la enseñanza de las ciencias (Porlán, 1993).

Atendiendo a otro aspecto a analizar desde esta óptica, ningún integrante de la clase desafió explícitamente la tarea indicada por el docente de definir calor. La mayoría respondió activamente a la propuesta. Pero el silencio de dos díadas de alumnos ante el requerimiento de definiciones, y la manifestación de otro de que no la había escrito, sino que "*la tenía en la cabeza*", constituyeron actos de resistencia silenciosa. El clima de la clase y la actitud no exigente del docente, en ese momento, permitieron que dichos movimientos de oposición no generaran un conflicto explícito y pasaran prácticamente desapercibidos.

(In)estabilidad social: Desde esta perspectiva, se analiza cómo los participantes establecen alianzas u oposiciones que varían durante una interacción. El fragmento 209 a 225 mostró la división del alumnado en dos facciones: aquellos que argumentaban sobre la existencia de roce y aquellos que – sin fundamentarlo – acordaban con el docente sobre su inexistencia en la situación analizada. Este doble alineamiento pareció ser superado al transcurrir la discusión – o al menos no fue revitalizado- ya que, en una intervención posterior (233), el docente volvió a preguntar sobre si aparecía alguna fuerza, siendo la respuesta general que no.

Otro aspecto a ser analizado desde la óptica social se vincula con cómo los actores asumen e intercambian sus roles sociales. En el marco de una institución educativa dichos roles se definen, inicialmente y desde un punto de vista formal, con relación a las posiciones que los individuos ocupan dentro la institución. Ello genera, dentro del aula, una situación inicial de asimetría respecto del poder, en la que el docente asume y le es otorgado un lugar de privilegio por su posesión "...de un saber (*materia*), un saber hacer (*enseñar*), un *status* (*docente*), muchas veces, una diferencia generacional, una diferencia de clases, entre otras." (Souto, 1993: 44). El manejo de dicha asimetría por parte del docente define distintos tipos de autoridad o liderazgo (autocrático, democrático o *laissez-faire*) (Barreiro, 1995). En el caso analizado, las tareas propuestas (explicitación y discusión de sus saberes previos) y las actitudes hacia los alumnos asumidas por el profesor durante las clases (escuchar sus ideas, recuperar sus palabras, interesarse por sus situaciones personales, compartir bromas) evidencian una concepción del saber y del manejo del poder en el aula tendientes a la democratización de las relaciones.

Un ejemplo de intercambio de roles durante el episodio analizado lo encontramos en la secuencia que presentamos a continuación. En ella el docente solicitó a una díada de alumnos que presentara su definición de calor.

- 120 D [...] Bueno, ¿y Fabián con José?
- 121 José Sí, lo mismo.
- 122 D Lo mismo. ¿Lo mismo que cuál?
- 123 Alumna A ver, José leéla.
- 124 José No la hice. No la hicimos todavía. Está todo ^Señalando
acá. ^ la cabeza.
- 125 Alumna No vale **
- 126 D Bueno, escuchamos a Pedro.

Este diálogo muestra a una alumna que cuestionó a sus compañeros, asumiendo la voz y el papel de profesor exigiendo la lectura de la tarea realizada. José aceptó el cuestionamiento y respondió a su compañera, dando cuenta de su situación con relación a la tarea (124). La expresión "*no vale*" (125) puso en evidencia la ruptura de la "ley del juego". Al mismo tiempo que se hacía eco de la exigencia docente, el tono jocoso de la alumna quebró la tirantez momentánea producida por la demanda no satisfecha del profesor. La situación se resolvió con una reorientación del requerimiento docente hacia otro alumno.

(In)estabilidad afectiva: La dimensión afectiva se vincula no sólo con el "clima" general vivenciado en el aula, sino también con la expresión de sentimientos por parte de los interactuantes. Dicho clima y expresiones constituyen la manifestación explícita de un sustrato de deseos, representaciones y tramas vinculares que se entretajan en toda situación de enseñanza (Souto, 1993). No es nuestra intención profundizar en esa dimensión implícita o latente del funcionamiento grupal, pero sí consideramos necesario alertar sobre su incidencia en el tipo de relaciones establecidas por docentes y alumnos con las tareas de enseñanza y aprendizaje (Barolli y Villani, 1998).

Sin realizar un estudio exhaustivo, puntualizamos algunas manifestaciones de alumnos que permiten reconocer diversas sensaciones. Cuando el docente solicitó aclaración a una alumna sobre a qué se refería con factores químicos productores de calor, ella respondió "*¡Ay, no sé, me mató!*" (84). Más allá de lo coloquial del comentario, la forma y el contenido de su enunciación trasunta un sentimiento de frustración, al no poder satisfacer la demanda del profesor. Otro caso se muestra en la siguiente secuencia, en la que la alumna Clara respondió enfáticamente a la pregunta del docente respecto a la situación analizada como focal:

- 151 D Ahora va a comparar la sensación con mi mano, con la mano que estaba en el aire y la sensación con la mano que estaba contra la pared. Ahora cambiemos de mano. ¿Cómo sentís mi mano ahora con la mano que estaba contra la pared?
- 152 Clara ¡Y pero la pared está fría!. ¡Tiene la mano ^Con enojo más fría ahora!^
- 153 Pedro *****
- 154 Alumna ¡Ay, Clara, no te pongas así!^ ^Riendo y enfáticamente

La recomendación humorística de la compañera (154) evidencia la sorpresa de la alumna ante la carga emocional de enojo manifiesta en la entonación del comentario de Clara, aún cuando su contenido estaba estrictamente relacionado con el análisis del fenómeno físico.

Como dijéramos más arriba, el clima en el que se desarrolló la clase fue distendido, y si bien, hubo concentración en la tarea, no faltó espacio para las bromas y los comentarios personales (un ejemplo fue presentado en la enunciación 150 incluida en el análisis de la situación focal). Ello fue propiciado por la actitud de escucha, paciencia y empatía del docente.

Discusión

En este trabajo hemos mirado, a través del uso de ciertas "lentes", una clase de Física del nivel Polimodal a fin de analizar lo que allí está sucediendo cotidianamente. Buscábamos comprender la dinámica "situada" de desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje en su contexto natural. Aún cuando reconocemos lo acotado de nuestro estudio, consideramos que tal abordaje nos permite iniciar la comprensión del

complejo y rico entramado de pautas de interacción que se dan para producir conocimiento entre docentes y alumnos, punto de partida imprescindible para cualquier propuesta que pretenda mejorar la enseñanza de las ciencias en su contexto real (Candela, 1999).

Un recorrido por las inestabilidades

A lo largo del trabajo hemos analizado un episodio de clase en el cual identificamos los seis tipos de (in)estabilidades señalados por Leander y Brown (1999). En esta sección discutiremos los resultados obtenidos, integrando informaciones relevadas a través de entrevistas y nuevas perspectivas teóricas que nos permiten realizar una interpretación más amplia de los mismos.

En la dimensión conceptual percibimos durante todo el episodio la (in)estabilidad ya descrita en torno a la noción de calor. Apareció como idea previa la asociación del calor con el roce entre cuerpos, no destacada en las investigaciones sobre el tema a las que tuvimos acceso. Frente a dicha asociación, la estrategia del docente consistió en “desmenuzar” las definiciones, a fin de refinarlas e ir incorporando a través de su discurso, la noción científica de calor.

En las entrevistas realizadas a los alumnos al finalizar la unidad pedagógica se manifestó la apropiación del lenguaje y las explicaciones de los fenómenos térmicos presentadas por el docente, aunque también aparecieron las asociaciones reportadas en la literatura como ideas previas (Domínguez Castiñeiras *et al*, 1998). Además, en dos de las tres entrevistas, se continuó mencionando al roce como causa del aumento de temperatura, pero no se utilizó para definir el concepto de calor.

Podemos interpretar la coexistencia de comprensiones en el aula y en las entrevistas desde la noción de perfil conceptual: *“La noción de perfil conceptual (Mortimer, 1995) establece que un único concepto puede estar disperso entre varios tipos de pensamiento filosófico y presentar características ontológicas también diversas, de forma que cualquier persona puede poseer más de una forma de comprensión de la realidad, que podrá ser usada en contextos apropiados. La elaboración del perfil prevé la estructuración de las ideas en diversas zonas que representan diferentes compromisos epistemológicos y características ontológicas distintas. Cada zona del perfil corresponde a una forma de pensar y hablar sobre la realidad, que convive con otras formas diferentes en un mismo individuo”* (Amaral y Mortimer, 2001: 6).

Amaral y Mortimer (2001) elaboraron una descripción del perfil conceptual para la noción de calor, que establece cinco zonas: realista, animista, substancialista, empírica y racionalista. La primera vincula la idea de calor estrictamente a las sensaciones y en ella se encuentran las ideas de sentido común relativas al calor y la temperatura. En la zona animista el calor es considerado una sustancia viva con una fuerza motora inherente, y llega a pensarse que los objetos o materiales “desean” dar o recibir calor. La zona substancialista plantea al calor como una sustancia que puede penetrar otros materiales. La zona empírica está relacionada con el desarrollo del termómetro, la medición de la temperatura y la consecuente diferenciación entre calor y temperatura. En la zona racionalista el concepto

de calor deviene una relación entre variables (la diferencia de temperatura y el calor específico de un sistema en interacción con su entorno), y al ser pensado como una relación entre magnitudes adquiere un carácter racional.

En nuestro caso, la asociación con el roce observada podría situarse en la zona racionalista del perfil. Amaral y Mortimer (2001) ya reportaron una idea semejante basados en Silva (1995). Este autor ha encontrado que algunos estudiantes presentan la noción de calor como proceso interno resultante del roce entre las partículas y atribuyen a éstas propiedades macroscópicas. Atendiendo al carácter contextual de cada zona del perfil, podríamos también considerar que las definiciones fueron construidas en respuesta a un contexto curricular. En las entrevistas ese contexto varió, dando lugar a la emergencia de ésta y otras relaciones, que ubicamos en las zonas substancialista y empirista del perfil de calor.

La noción de perfil conceptual contiene una imagen de inestabilidad, compatible con la propuesta por Leander y Brown (1999) para la dimensión conceptual, desde el punto de vista intrapersonal, ya que un mismo individuo puede recurrir a diversas zonas del perfil, en cada contexto, lo cual otorga movilidad a su conceptualización.

La dimensión focal nos ofreció una perspectiva de la clase desde un recorte no habitual: atendiendo a acciones y dichos de un docente que recurre a la improvisación y crea frente a sus alumnos y alumnas un caso de estudio. Esta dimensión permite establecer un vínculo con la concepción de la profesión docente que propone el paradigma del profesor artista-reflexivo, que considera que *“enseñar es un arte porque una clase, además de ser una fuente de experiencia estética, depende de la percepción y del control en acción de muchas variables, siendo una actividad creativa e innovadora que no es dominada por prescripciones. [...] la enseñanza es una empresa en la cual debe estar presente una tensión entre automatizaciones necesarias e invenciones que surgen en la acción. Esto la vuelve compleja, una vez que enseñar requiere rutinas con las cuales trabajar, para que la expresión artística ocurra. [...] Para actuar en la urgencia de las acciones a ser realizadas en el aula el profesor decide en la incertidumbre inherente al propio proceso de enseñanza-aprendizaje [...]. El éxito de una estrategia adoptada va a depender del dominio que tenga de una serie de micro-situaciones encadenadas unas a las otras, en las cuales usando diálogos reflexivos improvisados intenta resolver los problemas que surgen. La improvisación desempeña un papel importante en el proceso de reflexión-en la-acción”*. (Queiroz, 2000: 21)

En esa dimensión vimos cómo el docente, actuando como un profesor artista-reflexivo, combinó su repertorio técnico (conocimiento del contenido, capacidad de transposición, conocimiento didáctico, etc) con un repertorio estético, que incluyó *“cuidar la estética de las situaciones creadas en el aula, en su lado lúdico y humorístico; improvisar ante las respuestas dadas por los alumnos a preguntas exploradoras de concepciones y modelos previos; componer y presentar narrativas que relacionan contenidos de Física a hechos de la vida real; explotar los sentidos y sensaciones físicas durante el trabajo de cambio conceptual; expresarse y hacer que los alumnos se expresen teatralmente”*. (Queiroz, 2000: 273)

La (in)estabilidad institucional analizada aparecería en todo intercambio discursivo vinculado a actividades que incluyeran la explicitación de las ideas previas de los estudiantes ya que, con este tipo de tareas, se promueve la manifestación de las diferentes "voces" presentes en el aula. Si bien desde el punto de vista teórico existe amplio acuerdo en la importancia de generar su emergencia, constituye aún hoy una discusión abierta qué hacer con las concepciones alternativas de los estudiantes en el orden práctico, sometido a las urgencias vinculadas al cumplimiento de una currícula relativamente rígida. Al respecto dos Santos, Mortimer y Scott (2001) plantean como factor restrictivo para el desarrollo de discusiones en las que se expresen dichas concepciones la disponibilidad de un tiempo apropiado en el curriculum para las mismas.

Desde el punto de vista discursivo-simbólico, y a través de un movimiento entre discursos "internamente persuasivo" y "autoritario", se les presentó a los alumnos y alumnas no sólo un cambio de teoría en el análisis de fenómenos físicos – vale decir, el pasaje del análisis dinámico, abordado en la unidad pedagógica anterior, al termodinámico – sino también una oscilación en el modelo utilizado para estudiar las situaciones. Nos estamos refiriendo específicamente al pasaje del modelo microscópico (los átomos que componen un cuerpo) al macroscópico (por ejemplo, la transmisión de energía entre la mano y la pared). Este pasaje, identificado en el inicio y fin de la discusión, parecería encontrarse asociado a la necesidad de justificar la procedencia de la energía interna de los "cuerpos". También podría vincularse con las distintas perspectivas de definición del calor. Domínguez Castiñeiras *et al* (1998: 464) plantean: *"La idea macroscópica de que los cuerpos tienen energía y la pueden transferir, mediante el proceso denominado calor, si existe diferencia de temperatura entre ellos. Un cuerpo se dilata al elevarse su temperatura. La idea microscópica de que un cuerpo está formado por partículas que, al recibir energía mediante el proceso denominado calor [...], incrementan su agitación; consecuentemente el cuerpo se dilata y se puede producir elevación de su temperatura".*

Sin embargo, el docente no se detuvo a explicitar a los estudiantes con qué modelo trabajaban en cada momento, perdiendo un rasgo relevante del conocimiento científico: su carácter de construcción simbólica. En este sentido, un aspecto a considerar, para la enseñanza de la Termodinámica, se relaciona con la necesidad de explicitación de los modelos que vinculan el campo experimental de referencia con las teorías (Tiberghien, 1994).

En la dimensión social distinguimos los fluctuantes posicionamientos de los individuos en las interacciones áulicas, algunas veces manifiestos y, por lo general, silenciosos. Asimismo vislumbramos, a través del tipo de tareas propuestas y actitudes del docente, una concepción del saber y un manejo del poder en el aula tendientes hacia una democratización de las relaciones. La perspectiva afectiva constituyó un llamado de atención hacia el compromiso integral y personal que implica toda situación de interacción educativa y, a través de ella, caracterizamos el clima de trabajo distendido en el que se desarrolló la actividad. Ambas dimensiones permitieron destacar el tipo de vínculo de proximidad y confianza establecido por este docente con sus estudiantes.

A la búsqueda de una estructura

¿Qué puede aportar a la práctica docente este análisis de las (in)estabilidades que caracterizan las interacciones discursivas entre un docente y sus estudiantes en una clase de Física? Frente a prácticas educativas tradicionales centradas en el profesor como "*agente activo en el proceso, ya que habla el 90% del tiempo en el aula intentando 'pasar' o 'cubrir' el contenido frente a alumnos silenciosos, los cuales deben internalizarlo pasivamente y reproducirlo en términos verbatim en las evaluaciones*" (Pacheco Schnetzler, 1992: 17), en las clases estudiadas el docente sostiene un diálogo con sus alumnos y alumnas en el que ingresan conocimientos previos, intereses, sentimientos y cuestionamientos. En este marco de apertura el profesor logra ir estableciendo los significados y relaciones entre conceptos válidos, desde el punto de vista científico, para el abordaje de la noción de calor.

La perspectiva de análisis utilizada, que destaca la dinámica, complejidad y multidimensionalidad de la situación áulica, permitió al mismo tiempo recuperar la estructura de acción del docente. Dicha estructura, reconstruida a partir de esta *danza de (in)estabilidades*, se basó en las siguientes estrategias:

a) expresión de las ideas de los alumnos vinculadas a una noción determinada;

b) recuperación de *palabras* utilizadas por los estudiantes (en este caso a través de su repetición verbal, acentuándolas desde la entonación y su registro en el pizarrón);

c) contextualización de *palabras* propuestas por los estudiantes, aproximadas al conocimiento científico que se pretende (re)construir en el aula;

d) discusión, hasta su exclusión, de *palabras* o ideas que difieren de la acepción científica de los conceptos trabajados;

e) utilización de situaciones concretas para su análisis.

Tales estrategias fueron utilizadas de manera reiterada a lo largo del episodio analizado, conformando ciclos de expresión-recuperación-discusión-cierre provisorio que permitieron llegar a la noción científica a través de aproximaciones sucesivas.

Mercer (1995) plantea que los docentes utilizan el habla en clase para cubrir tres propósitos fundamentales:

- elicitación del conocimiento de los estudiantes (de manera directa o "en clave");
- responder a lo que los estudiantes dicen (confirmando, refutando, repitiendo, elaborando o reformulando sus dichos); y
- describir aspectos significativos de la experiencia compartida (a través del uso de la expresión "nosotros", y las recapitulaciones de lo dicho o hecho, literales o reconstructivas).

Las estrategias a. y b. del docente de nuestro caso estarían inscriptas en el primer propósito, mientras que las c. y d. corresponderían al segundo. La

estrategia e. buscaría generar experiencias compartidas y, en este sentido, estaría vinculada al tercero. De esta manera, y a través de este esquema de acción, el docente guiaría la (re)construcción compartida del conocimiento científico en el aula.

Comentarios finales

Las dimensiones analíticas utilizadas y la estructura de acción que llegamos a reconstruir presentan aspectos comparables a los planteados por Mortimer y Scott (2002). Dichos autores estudian la actividad discursiva en episodios extraídos de clases de ciencias a través de una estructura analítica basada en cinco aspectos: intenciones del profesor, contenido, abordaje comunicativo, patrones de interacción e intervenciones del profesor. Identifican un patrón cíclico en el uso de abordajes comunicativos (interactivo/dialógico- interactivo/de autoridad- no interactivo/de autoridad) y rítmico en las secuencias de actividades implementadas por el profesor (discutir- trabajar-rever). De esa manera emerge una "espiral de enseñanza" que, por ciclos de abordajes comunicativos, plantea la transformación progresiva de las ideas cotidianas de los estudiantes en dirección a una visión científica sobre el tema considerado.

Sin desmerecer la importancia de lo que desde el punto de vista conceptual y discursivo- simbólico ocurre en las clases de ciencias, y que Mortimer y Scott incluyen en su análisis, nuestro trabajo, por un lado, permitió simultáneamente incursionar en la consideración de lo afectivo y lo social que docentes, alumnos y alumnas vivencian en las aulas. También destacamos la dimensión institucional, manifiesta en las tareas propuestas por el docente. Estas (in)estabilidades atraviesan y soportan la estructura de acción delineada ya que, por ejemplo, sin una concepción del saber y del poder en el aula como la descrita, no sería posible plantearse las estrategias analizadas.

Por otro lado, la reconstrucción de una estructura a partir de (in)estabilidades, se basa en la imagen del aula como sistema en movimiento y co-construcción constante. Para caracterizar situaciones áulicas necesitamos modelos dinámicos y complejos que, al mismo tiempo, tengan la posibilidad de constituirse en herramientas para que otros docentes reflexionen y planifiquen la enseñanza.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera podido realizarse sin la desinteresada colaboración de los estudiantes, docentes, preceptores y autoridades de la EEM N°13 de La Plata, Argentina. Ellos nos abrieron las puertas de la escuela y de sus aulas a nuestra mirada en momentos críticos para la educación pública argentina, compartiendo nuestra creencia de que la investigación educativa es una herramienta necesaria para contribuir a su mejoramiento.

Referencias bibliográficas

Amaral, E.M.R. y E.F. Mortimer (2001). Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 1 (3)*, 5-18.

Barreiro, T. (1995). *Trabajos en grupo. Hacia una coordinación facilitadora del grupo sano*. Buenos Aires: Kapelusz.

Bakhtin, M.M. (1981). *The Dialogic Imagination*. USA: Holquist M. Ed. University of Texas Press.

Barolli, E. y A. Villani (1998). Laboratório didático e subjetividade. *Investigações em Ensino de Ciências, 3 (3)*, 1-22.

Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Paidós Educador.

Cárdenas, M. (1997). Análisis de una experiencia didáctica realizada para construir conceptos fundamentales de Termodinámica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física, 14 (2)*, 170-178.

Colomina, R.; Mayordomo, R. y J. Onrubia (2001). El análisis de la actividad discursiva en la *interacción* educativa. Algunas opciones teóricas y metodológicas. *Infancia y Aprendizaje, 93*, 67-80.

Cordero, S., Dumrauf, A.G. y D. Colinvaux (2002). "Hay extraños en el aula..." La utilización de videograbaciones en la investigación en educación en ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física, 15*, 5-21

Cotignola, M.I.; Bordogna, C.; Punte, G. y O.M. Cappannini (2002). Difficulties in learning thermodynamic concepts: are they linked to the historical development of this field?. *Science & Education, 11*, 279-291 .

Domínguez Castiñeiras, J.M.; De Pro Bueno, A. y E. García-Rodeja Fernández (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de *calor y temperatura*: un estudio transversal. *Enseñanza de las Ciencias, 16*, 461-475.

Dos Santos, W.L.P., Mortimer, E.F. y P.H. Scott (2001). A argumentação em discussões sócio-científicas: reflexões a partir de um estudo de caso. *Revista de ABRAPEC, 1 (1)*, Enero-abril.

Edwards, D. y N. Mercer (1994). *El conocimiento compartido. El desarrollo de la comprensión en el aula*. Barcelona: Paidós/MEC.

Gimeno Sacristán, J. (1998). *El curriculum: una reflexión sobre la práctica*. Madrid: Morata.

Gil Pérez, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias, 12 (2)*, 147-153.

Hewitt, P.A. (1999). *Física Conceptual*. México: Pearson.

Leander, K.M. y D.E. Brown (1999). "You understand, but you don't believe it": tracing stabilities and instabilities of interaction in a physics classroom through a multidimensional framework. *Cognition and Instruction, 17*, 93-135.

Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencias. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.

Libedinsky, M. (2001). *La innovación en la enseñanza. Diseño y documentación de experiencias de aula*. Buenos Aires: Paidós.

Mercer, N. (1995). *The Guided Construction of Knowledge. Talk amongst teachers and learners*. Clevedon: Multilingual Matters Ltd.

Mercer, N. (1997). Language, education and the guided construction of knowledge. *Anais do Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências/Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino de ciências*, Faculdade de Educação, UFMG, 46-68.

Mortimer, E. (1995). Conceptual change or conceptual profile change?, *Science & Education*, 4, 267-285 .

Mortimer, E. y A. Horta Machado (1997). Múltiplos olhares sobre um episódio de ensino: 'Por que o gelo flutua na água'. *Anais do Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências/Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino de ciências*, Faculdade de Educação, UFMG, 139-162.

Mortimer, E. y A. Horta Machado (2000). Anomalies and conflicts in classroom discourse. *Science Education*, 84, 429-444.

Mortimer, E. y P. Scott (2002). Atividade discursiva nas salas de aula de ciencias: uma ferramenta para analizar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (3). En: www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm.

Pacheco Schnetzler, R. (1992). Construção do conhecimento e ensino de ciencias. *Em Aberto*, 11 (55), 17-22.

Porlán, R. (1993). *Constructivismo y escuela*. Sevilla: Díada Editora.

Pozo, J.I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 18-26.

Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid: Morata.

Queiroz, G. (2000) *Professores artistas-reflexivos de física no ensino médio*. Tesis de doctorado. Departamento de Educação. Pontificia Universidade Católica do Rio.

Silva, D. (1995). *Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura*. Tesis de doctorado. Faculdade de Educação-USP.

Souto, M. (1993). *Hacia una didáctica de lo grupal*. Buenos Aires: Miño y Dávila.

Tiberghien, A. (1994). Modelling as a basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71-87.