

¿Y SI TRABAJAN EN GRUPO...? INTERACCIONES ENTRE ALUMNOS, PROCESOS SOCIALES Y COGNITIVOS EN CLASES UNIVERSITARIAS DE FÍSICA

CORDERO, SILVINA¹, COLINVAUX, DOMINIQUE² y DUMRAUF, ANA G.³

¹ Grupo de Didáctica de las Ciencias, Universidad Nacional de La Plata. Argentina
scordero@netverk.com.ar

² Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal Fluminense. Brasil
dominique@skydome.net

³ Miembro de la Carrera del Investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
adumrauf@infovia.com.ar

Resumen. Este trabajo contiene algunos resultados de un estudio de caso referido a las características de las interacciones entre alumnos, mientras trabajan en grupo, en el contexto de una propuesta innovadora de enseñanza universitaria de física. Los instrumentos utilizados fueron videgrabaciones realizadas durante clases de la unidad de termodinámica y entrevistas a alumnos de un grupo focal. El análisis se centró en los procesos grupales vivenciados por los alumnos, a partir de las dimensiones lingüística, social y cognitiva. Los resultados obtenidos sugieren que compartir procesos cognitivos, a través del razonamiento y la argumentación, promotores de la construcción y reconstrucción de conocimientos científicos en grupos de alumnos, puede ser una respuesta a los desafíos de la práctica docente universitaria.

Palabras clave. Trabajo en grupo, interacciones grupales alumno-alumno, termodinámica, nivel universitario.

Summary. This paper presents some results of a case study about the characteristics of the interactions between pupils in groupworks, in the context of an innovative teaching experience of Physics at university level. Videorecordings were carried out during classes of the unit on Thermodynamics and some pupils from a focal group were interviewed. Analysis focused on group processes from the linguistic, social and cognitive perspectives. Results suggest that sharing cognitive processes by a group of student, through reasoning and argumentation, may be an answer to the challenges of teaching practice at university level.

Keywords. Groupwork, peer group interactions, thermodynamics, university level.

INTRODUCCIÓN

Grupos de alumnos, conversando, discutiendo; algunos de ellos de pie, otros sentados. Casi nos parece escuchar sus conversaciones amigables, pero también percibimos el gesto de quien discute y argumenta; unos pueden estar explicándoles a otros, mientras hay quienes parecen no prestar atención a nadie... Ése es nuestro universo de estudio. Un aula universitaria, donde grupos de alumnos trabajan juntos, intentando aprender física. ¿Cómo se aprende el conocimiento científico en esas situaciones educativas formales?

Nuestro interés por el tema de las interacciones entre alumnos y su relación con el aprendizaje –localizándo-

nos en el área de investigación de la educación en ciencias– tiene sus orígenes tanto en el campo teórico como en el práctico.

Respecto a su origen teórico cabría señalar que actualmente se le está prestando una atención creciente al proceso de (re)construcción del conocimiento científico, en ámbitos de educación formal, tal como éste se produce, es decir, inmerso en y a consecuencia de interacciones sociales (De Longhi, 2000; Scott, 1997; Mortimer y Horta Machado, 1997; Lemke, 1997). También existen estudios que se centran en las interacciones que vinculan a alumnos con docentes, pero además, y muy

fundamentalmente, a alumnos entre sí (Rodríguez y Escudero, 2000; Banerjee y Vidyapati, 1997; Bianchini, 1997; Burron et al., 1993; Looing, 1993). Esta perspectiva surge en oposición al mayoritario número de investigaciones que, dentro del Movimiento de las Concepciones Alternativas, puso el énfasis en la perspectiva individual de construcción del conocimiento (Mortimer & Horta Machado, 1997; Mason, 1998).

En relación al origen práctico de esta elección temática, el mismo se entrelaza con nuestra participación, desde 1990, en un grupo universitario de docentes-investigadores en educación en ciencias naturales. Integrando ese grupo realizamos observaciones de clases de ciencias naturales y desarrollamos actividades de capacitación docente. En esas situaciones pudimos apreciar la importancia de la interacción con los pares para la comprensión y el aprendizaje de contenidos científicos. También a partir de esa práctica, pudimos percibir la frecuente desvalorización del trabajo grupal en la enseñanza universitaria de las ciencias naturales. Entre otros motivos, esta desvalorización parece tener su origen en cierta desconfianza respecto a la «madurez» de los alumnos para asumir la responsabilidad por sus propios procesos de aprendizaje. Otra crítica que puede oírse frecuentemente duda de la eficacia de estas modalidades para «asegurar» el aprendizaje individual. También se cuestionan las modalidades pedagógicas grupales argumentando que exigen tiempos no compatibles con las propuestas curriculares existentes. Finalmente se señala la dificultad para evaluar el trabajo individual en esos contextos.

Nuestra preocupación por este tema se origina en un supuesto de nuestra acción como docentes: consideramos que contextos grupales de trabajo pueden promover la colaboración entre alumnos. De esa manera se favorecerían, además de los aprendizajes conceptuales deseados, aprendizajes relacionados con valores y actitudes que están en consonancia con nuestro ideal de sociedad. Esos valores son la solidaridad, la tolerancia, el compañerismo, la ayuda mutua, la cooperación –entendida como opuesta a la competencia–, entre otros.

A partir de dichos supuestos e intereses, realizamos un estudio de caso, de tipo exploratorio y descriptivo, sobre el desarrollo de actividades grupales de aprendizaje en el contexto de una propuesta innovadora de enseñanza universitaria de física, el Taller de Enseñanza de Física (TEF) de la Facultad de Ciencias Exactas en la Universidad Nacional de La Plata (Argentina). En relación a esta propuesta innovadora, son varias las cuestiones a investigar. Aquí, centramos nuestra atención en el tema de las interacciones grupales y su relación con el aprendizaje de contenidos físicos.

El artículo se encuentra organizado de la siguiente forma: en primer lugar, caracterizaremos el contexto y los procedimientos metodológicos utilizados en nuestra investigación. Presentaremos luego sintéticamente resultados obtenidos respecto a cuatro episodios de trabajo grupal y reflexionaremos sobre la problemática del aprendizaje grupal *versus* el aprendizaje individual. Comenta-

remos finalmente las posibles consecuencias pedagógicas de un encuadre de trabajo de este tipo.

CARACTERIZACIÓN DEL CONTEXTO Y CUESTIONES DE INVESTIGACIÓN

La universidad, como todos los otros niveles educativos en la Argentina, viene sufriendo en la última década turbulentos procesos de cambio. La aprobación de la Ley Federal de Educación (1994), de la Ley de Educación Superior (1995), la implantación de sistemas de promoción y evaluación permanente de la producción científica de los docentes universitarios, la no poco conflictiva instauración de mecanismos de evaluación institucional interna y externa de las universidades, el desarrollo de nuevos sistemas de formación continua para docentes de la Educación General Básica y del Polimodal, en los cuales participan activamente las universidades, y muchas otras modificaciones en marcha significan un contexto que vuelve inevitable, y al mismo tiempo complejo, el análisis de las prácticas universitarias de enseñanza y aprendizaje. En los estudios sobre la universidad, se habla frecuentemente de un sistema en crisis y se plantea la necesidad de enfrentar el desafío de producir una profunda y significativa transformación. Pero se espera que esto sea realizado en un marco de limitaciones impuestas por las restricciones económicas que, probablemente, van a mantenerse por un largo tiempo, debido al establecimiento de un nuevo modelo de relación entre universidad y estado, tendiente a la «des-responsabilización por parte de este último de su obligación de manutención económica de la educación superior» (Puiggrós, 1993, p. 14).

La Universidad Nacional de La Plata, creada a fines del siglo XIX, no escapa a esa caracterización general. Es considerada una institución «tradicional»; heterogénea en relación a los tipos y tamaños de las unidades académicas que la componen¹; con áreas de investigación muy desarrolladas (las ciencias exactas y naturales, fundamentalmente), que a su vez son las que poseen las carreras de postgrado más consolidadas; y con otras áreas, como las ciencias sociales, con mayor desarrollo en la enseñanza de grado. Por otro lado, en relación a la función «enseñanza», pertenece al grupo de universidades consideradas «grandes», con una población de casi 50.000 estudiantes, que se hace responsable de aproximadamente el 10% de la demanda de ingreso universitario del país y de un porcentaje similar del total de los egresados. Eso tiene como consecuencia, para la mayoría de los cursos, grupos numerosísimos y serias dificultades tanto para el logro del aprendizaje cuanto para el trabajo docente.

La enseñanza de física general a nivel universitario tradicionalmente se caracteriza por el desarrollo de programas de contenidos conceptuales similares para todas las carreras que incluyen esa materia en su currículo. A pesar de las grandes diferencias en relación al perfil del alumno (por lo tanto, a conocimientos previos e intereses), la organización curricular y las posibilidades de

inserción profesional de los graduados en carreras como Ingeniería, Arquitectura, Biología, Agronomía, Farmacia, Diseño Industrial, etc., la física general ofrecida no ha merecido, en general, adaptación a las diversas especialidades. La metodología de enseñanza tampoco muestra mayores variantes, caracterizándose a grandes rasgos por: clases teóricas magistrales, resolución de guías de problemas similares, realización de algunas experiencias de laboratorio no aplicadas a la especialidad, y evaluación por resolución individual de problemas.

En este contexto, el Taller de Enseñanza de Física, para estudiantes de las licenciaturas en biología y geología, es una experiencia singular por su continuidad y su éxito. Tuvo su inicio en 1984, cuando la democratización política nacional se manifestó en la universidad y posibilitó la creación de nuevos espacios de reflexión, innovación pedagógica y participación. La experiencia didáctica, llevada a cabo por un equipo interdisciplinario de físicos, biólogos y geólogos², se propone preparar al estudiante desde los puntos de vista intelectual y ético, promoviendo su inserción crítica y activa en la sociedad y en su futuro papel académico o profesional. Eso involucra, para los docentes del TEF, no sólo la apropiación de conocimientos físicos orientados a las necesidades e intereses de alumnos de geología y biología, sino también la formación de actitudes, tales como la autonomía, el pensamiento crítico y la solidaridad, entre otras.

El planteamiento de estos objetivos pedagógicos en el contexto caracterizado implica un desafío para la práctica docente, que ha sido enfrentado a partir de la generación e implementación de numerosas innovaciones (Petrucci y Cordero, 1994; Cordero, Petrucci y Dumrauf, 1996). De ellas destacamos la utilización del trabajo en grupos de alumnos como estrategia universitaria para el aprendizaje de física. A través del trabajo grupal, los docentes del TEF pretenden que las actividades sean resueltas en conjunto, a fin de que todos los miembros del grupo consigan alcanzar colectivamente el objetivo buscado. Se considera que así se fomenta la organización de los alumnos a partir de estructuras cooperativas, promotoras no sólo del aprendizaje conceptual, sino también de la formación actitudinal deseada. Desde el punto de vista didáctico, se plantea, por lo tanto, la constitución de grupos estables de alrededor de ocho alumnos que resuelven actividades grupales bajo la supervisión de dos docentes –llamados *referentes*– con formación física y biológica o geológica³.

En relación a esta característica innovadora del TEF desarrollamos la presente investigación⁴, en la que nos propusimos responder a los siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son las características de las interacciones entre alumnos al trabajar en grupo en el TEF?
- ¿Cuáles son los patrones de colaboración (si existen) en el funcionamiento de los grupos de alumnos?
- ¿Esos patrones varían de acuerdo con el tipo de tarea propuesta?

Nos centramos, por lo tanto, en una caracterización de las interacciones alumno-alumno, pretendiendo establecer vínculos con las tareas de aprendizaje propuestas por los docentes. A través del análisis de dichas interacciones intentamos visualizar el proceso de construcción de conocimientos relacionados con la física. Además de eso, tomando en consideración la preocupación del TEF señalada más arriba, buscamos verificar si existían indicios del desarrollo de las actitudes y los valores deseados.

MARCO TEÓRICO

Las interacciones en el aula, es decir, en situaciones educativas «naturales»⁵, han sido estudiadas a partir de diversas perspectivas disciplinares: psicológica, psicológica social, antropológica, sociológica, didáctica, lingüística, etc. Cada uno de esos puntos de vista, matizado por su base teórica, ha otorgado diferentes sentidos (no siempre explicitados) al concepto de *interacción* y ha mirado hacia las interacciones a partir de una diversidad de intereses y objetivos de investigación.

Nuestro abordaje de la literatura abarcó desde las lecturas sociopsicoanalíticas, que pretenden alcanzar las dimensiones más implícitas o latentes de los funcionamientos grupales (Anzieu, 1986; Bion, 1963; Souto, 1993; Barolli y Villani, 1998), pasando por los análisis de las interacciones entre pares –a partir de la perspectiva neopiagetiana, en situaciones de interacción controlada (Perret-Clermont y Nicolet, 1994)–, hasta los estudios experimentales, de tipo comparativo, respecto a los resultados de aprendizaje en estructuras cooperativas, competitivas e individualistas (Johnson y Johnson, 1981, 1993). También encontramos trabajos descriptivos y exploratorios sobre las interacciones entre alumnos (Richmond y Striley, 1996; Roychoudhury y Roth, 1996; Theberge Rafal, 1996), realizados en los últimos años, y que se refieren a contextos educativos «naturales». Por razones de espacio no profundizaremos aquí respecto a los aportes de cada una de estas líneas de investigación, pero sus diferentes ópticas contribuyeron a ampliar nuestra percepción de los fenómenos grupales y brindaron elementos teóricos que sustentaron el análisis que presentamos en la sección «Resultados».

Tomando en consideración los trabajos que específicamente tratan sobre la educación en ciencias, observamos que la gran mayoría se ha centrado en la eficacia del aprendizaje en dispositivos grupales, estableciendo comparaciones con otras estrategias instruccionales (Banerjee y Vidyapati, 1997; Burron et al., 1993; Looning, 1993). Los resultados informados, en relación al logro de aprendizajes conceptuales, son similares dentro de estructuras cooperativas y en contextos individualistas⁶. Se plantea, entonces, la necesidad de profundizar en la investigación sobre la naturaleza y las características de las interacciones en el interior de los grupos de alumnos (Cohen, 1994), estableciendo, en lo posible, relaciones con ese otro proceso simultáneo, el aprendizaje, que en nuestro caso se desarrolla en aulas universitarias de

física. También se requieren estudios sobre los factores que median y moderan las relaciones entre cooperación y aprendizaje (Rodríguez y Escudero, 2000). Nuestra investigación pretendió buscar elementos que aportaran respuestas para algunas de estas cuestiones.

METODOLOGÍA

Como ya fue dicho, decidimos realizar un estudio de caso, de tipo descriptivo y exploratorio. Comenzamos llevando a cabo, durante los meses de marzo y abril de 1998, una entrevista a uno de los docentes del TEF para obtener informaciones actualizadas sobre la propuesta y evaluar la viabilidad de nuestro estudio. También en ese período asistimos a las clases iniciales del curso, realizando videograbaciones de prueba y entrevistas informales a una pequeña muestra de los alumnos cursantes acerca de sus experiencias previas en el aprendizaje de la física y de sus expectativas en relación al curso del TEF.

Durante los meses de septiembre y octubre de 1998 desarrollamos nuestro estudio principal, que incluyó:

a) realización de vídeo-grabaciones y notas de campo acerca de las interacciones entre los alumnos de un grupo focal durante las ocho clases referidas a la unidad pedagógica de termodinámica;

b) asistencia a las reuniones docentes de planificación (con registro de notas de campo);

c) realización de entrevistas a cuatro alumnas del grupo focal.

Como grupo focal se seleccionó un grupo de alumnos que, según la opinión de los docentes, poseía un buen funcionamiento interno durante las clases y que, por su parte, aceptó ser sujeto de esta investigación. Estaba compuesto por ocho estudiantes, dos de ellos varones y seis mujeres, con una edad promedio de 19 años. Todos cursaban la licenciatura en biología, y su nivel de desempeño en la asignatura era variado, así como su interés por el estudio de la física.

Desde el punto de vista de los contenidos abordados, conviene aclarar que la unidad pedagógica seleccionada incluyó la termodinámica del equilibrio y una aproximación conceptual a la termodinámica del no-equilibrio.

Presentaremos aquí el análisis de algunas de las informaciones obtenidas a través del registro en vídeo, durante el estudio principal. En dicha etapa buscamos caracterizar y analizar las interacciones entre los/las alumno/as durante cuatro episodios de trabajo. Las notas elaboradas a partir de reuniones docentes sirvieron como fuente secundaria de información, aportando elementos para caracterizar las tareas realizadas por los estudiantes, sus objetivos y contenidos involucrados. Complementamos esos datos con entrevistas a cuatro alumnas del grupo escogido, utilizando la información dada por ellas como fuente de discusión de las conclusiones elaboradas a

partir del registro en vídeo. Centramos nuestro análisis en los procesos grupales vivenciados por las/los alumnas/os, abordándolos a partir de las dimensiones lingüística, social y cognitiva. En ese sentido fue fundamental, para nuestra investigación, el sistema de análisis de interacciones en grupos de pares, elaborado por Kumpulainen y Mutanen (1999). Este sistema constituye una aproximación que pretende explicitar la dinámica situada de la interacción y del aprendizaje grupal, atendiendo a tres dimensiones de análisis: las *funciones de las interacciones lingüísticas*, la naturaleza de los *procesos sociales* y las características de los *procesos cognitivos* desarrollados conjuntamente por los sujetos. La primera dimensión implica el estudio de los *propósitos* de las enunciados de los alumnos durante la interacción grupal y permite la caracterización de las funciones de las interacciones verbales (por ejemplo, se identifican funciones informativas, evaluativas, argumentativas, etc. de las enunciados). Pueden inferirse así algunos atributos de las estrategias comunicacionales de los individuos. La segunda dimensión trata sobre los procesos sociales, focalizando *la naturaleza y las características de las relaciones sociales* establecidas por los estudiantes durante su trabajo conjunto. Esa caracterización reconoce los modos: colaborativo, tutorial, argumentativo, individualista, de dominio y confusional. La tercera dimensión de análisis, referida al procesamiento cognitivo, examina *las estrategias de trabajo y las posiciones asumidas* por los alumnos (de especulación, afirmación, cuestionamiento) en relación al conocimiento. Esta dimensión plantea la diferenciación de tres modalidades amplias de aproximación y resolución grupal de las tareas de aprendizaje: a partir de un proceso interpretativo o exploratorio, a través de una modalidad procedimental, o dedicándose a actividades fuera de la tarea propuesta. En el anexo I presentamos el cuadro de categorías y dimensiones de análisis elaborado por los autores citados, con algunas modificaciones realizadas por nosotros como consecuencia de nuestro estudio. Para utilizar este sistema de análisis, se hace necesario construir mapas analíticos de los registros en vídeo de las clases –que contemplan las dimensiones señaladas– partiendo de transcripciones de las interacciones verbales y de descripciones de algunos aspectos no verbales y contextuales. Este sistema permite atender a las diversas variables que vienen siendo consideradas independientemente en estudios anteriores: procedimientos de resolución de tareas, procesos cognitivos, «habilidades colaborativas», «papeles» sociales, interacciones lingüísticas, etc. Los mapas analíticos recuperan, además, la dimensión temporal de los acontecimientos, posibilitando el seguimiento del proceso grupal a lo largo de los episodios analizados.

RESULTADOS

Primer análisis de los datos

A partir del análisis del registro en vídeo, pudimos observar que, durante el desarrollo de la unidad pedagó-

gica de termodinámica, las actividades en grupos de alumnos ocuparon un promedio de un tercio del tiempo total de videograbación, ocurriendo lo mismo en todos los encuentros. De esas actividades grupales, recortamos nueve episodios y, en este estudio, nos centramos en cuatro episodios para su análisis y discusión. La selección de esos cuatro episodios se basó en que los mismos permitían analizar la dinámica del grupo mientras llevaba a cabo tipos diferentes de tareas; pertenecían a diversos momentos del período en estudio; y los registros videograbados poseían la calidad técnica suficiente como para permitir la transcripción detallada de las interacciones lingüísticas.

Episodio A: Los alumnos realizaron una experiencia sencilla para la explicitación y discusión de sus ideas previas sobre procesos termodinámicos, en la que debían analizar el aire dentro de un globo. El trabajo propuesto consistía en salir del aula y, fuera del edificio, inflar un globo con aire. Con el globo inflado, dar una vuelta al edificio⁷ y, considerando el aire dentro del globo como sistema en estudio, caracterizar el estado del sistema. Después los alumnos debían entrar al aula, retirar parte del aire del globo (sentándose encima), y volver a analizar y caracterizar el estado del sistema.

Episodio B: Correspondió a la resolución grupal de un problema de una guía de problemas, que proponía el análisis de un sistema en equilibrio termodinámico, el cual sufría un cambio en una de sus variables. Ese problema exigía una resolución conceptual y formal. No ofrecía datos cuantitativos, sólo un esquema gráfico altamente idealizado. Se trataba de un sistema aislado constituido por dos subsistemas, separados inicialmente por una pared restrictiva al volumen, a la energía y al número de moles, variables que se proponían para la caracterización de cada subsistema en un estado inicial. El problema consistía en encontrar el estado final del sistema, después de anular la restricción en relación al volumen.

Episodio C: Consistió en la discusión grupal de un ejemplo biológico (el caso del dinosaurio dimetrodon, que posee una estructura ósea en forma de vela sobre su lomo) intentando aplicar contenidos físicos presentados teóricamente. La tarea implicaba: la discusión de las características del caso escogido; el análisis de los procesos de transmisión de energía (radiación, convección o conducción) que eran aplicables en la discusión del ejemplo; y una decisión: ¿el ejemplo constituía, o no, un caso analizable desde la termodinámica del equilibrio?

Episodio D: Se trató de la construcción de un «tren conceptual», situación de autoevaluación y evaluación formativa, que solicitaba la presentación y el encadenamiento de las principales nociones discutidas en la unidad de termodinámica. La tarea fue propuesta como ejercicio metacognitivo a los/as alumnos/as, en la última clase de la unidad. Ellos/as debían construir conjuntamente un «tren», con los conceptos que consideraran más importantes de la unidad pedagógica, organizados en orden cronológico, y dibujarlo en paneles que serían presentados después a sus compañeros/as de curso. Po-

dríamos decir que, a través de esta actividad, se colocó a los estudiantes en una situación de autorreflexión, para «aprender a aprender» (Pacheco Schnetzler, 1992).

De acuerdo con esta simple caracterización de las tareas podemos calificar las correspondientes a los episodios A y C como abiertas, cualitativas, relativas a cuestiones cotidianas/reales. La tarea correspondiente al episodio B implicaba el análisis de procesos idealizados, buscando respuestas de tipo conceptual. La tarea del episodio D era de tipo metacognitivo y exigía de los alumnos la realización de una síntesis de los conocimientos adquiridos en relación a los presentados durante las clases⁸.

En la búsqueda de ejes que nos permitan hablar de las características del proceso grupal vivenciado por los alumnos, elaboramos un cuadro comparativo de los cuatro episodios analizados, a partir de algunos aspectos generales (Tabla I). Dichos aspectos pretenden ofrecer una imagen sintética de los episodios seleccionados (tarea y contenidos abordados, participantes, duración y ubicación temporal en el período estudiado), así como una caracterización, a partir de las categorías elaboradas por Kumpulainen y Mutanen (Anexo I), de las interacciones lingüísticas y de los procesos sociales y cognitivos desarrollados por el grupo.

Como puede verse en la tabla I, los cuatro episodios de trabajo grupal seleccionados para esta investigación implicaron diferentes contenidos y ocurrieron en diversos momentos del período estudiado.

Con relación a su duración, los episodios elegidos fueron bien diferentes, yendo de los 9 minutos del episodio C (el más corto) hasta los 36 minutos del episodio D. En dos de los episodios seleccionados (B y D) participaron todos los alumnos del grupo focal (8 en total), en cuanto en los otros dos (A y C), sólo estuvieron presentes 6 de los alumnos. El único docente que participó en todos los episodios fue un referente del grupo; otro referente estuvo presente en tres de ellos (A, B y D); algunos de los otros docentes del TEF tuvieron intervenciones en un episodio.

Al centrarse en el número de enunciados producidos por docentes y alumnos en cada episodio, observamos algunas características interesantes: a pesar de la diferencia de duración entre los episodios A y D (24 y 36 minutos), registramos un número semejante de enunciados (461 y 464 respectivamente). La diferencia es un poco mayor entre los episodios B y C (210 y 167 enunciados, respectivamente), pero la duración, en este caso, del B es el doble de la del C. Estos datos resultan relevantes, ya que el número de enunciados constituye, a nuestro entender, un indicador de la actividad lingüística en cada episodio, y la actividad lingüística es la base empírica a partir de la cual reconstruimos los procesos cognitivos y sociales del grupo. La atribución de funciones verbales para esas enunciados implicó, a veces, el reconocimiento de más de una función para cada enunciación, lo que se evidencia en las diferencias entre número de enunciados y el número de funciones de cada episodio. En el caso del episodio A, por ejemplo, otorgamos 511 funciones a las

Tabla I
Comparación entre episodios.

Aspectos analizados	Episodio A	Episodio B	Episodio C	Episodio D
Ubicación temporal	Clase 1	Clase 4	Clase 7	Clase 8
Duración	24 min.	18 min.	9 min.	36 min.
Alumnos participantes	C, J, M, R, Ra, T	C, Ce, J, Jo, M, R, Ra, T	C, Jo, M, R, Ra, T	C, Ce, J, Jo, M, R, Ra, T
Docentes participantes	Prof. 1, prof. 2, prof. 3, prof. 4	Prof. 1, prof. 2	Prof. 1	Prof. 1, prof. 2, prof. 5, prof. 6
Tarea	Análisis de una experiencia (globo inflado y parcialmente desinflado) a partir de conocimientos previos al abordaje de la termodinámica en el curso	Resolución de un problema de la guía	Análisis de un ejemplo biológico a partir de conceptos físicos presentados teóricamente	Elaboración de un «tren conceptual», síntesis de los conocimientos adquiridos durante la unidad de termodinámica
Contenidos abordados	-Delimitación de físico para su análisis - Análisis del estado -Identificación de variables	- Procesos termodinámicos del equilibrio - Utilización de los formalismos entrópico y energético	-Fenómenos de conducción, convección y radiación - Sistemas en estado estacionario, donde los flujos son continuos - Termodinámica del equilibrio y del no-equilibrio	- Todos los contenidos presentados en la unidad: termodinámica del equilibrio y del no-equilibrio
Número de enunciados ⁹	461	210	167	464
Número de funciones verbales (propósitos de los enunciados)	511	275	202	551
Número de enunciados sin relación con la tarea	201	1	40	92
Funciones verbales predominantes	Razonamientos (57) Organizativas (57) Juicios (acuerdos) (29) Interrogativas (29)	Razonamientos (52) Informativas (44) Interrogativas (43)	Razonamientos (36) Organizativas (17) Juicios (acuerdos) (17)	Organizativas (130) Interrogativas (60)
Proceso cognitivo	- Alternancia entre actividades fuera de la tarea y de concentración en la tarea - Exploración de hipótesis, manipulación del objeto a fin de demostrarlas - Conflictos socio-cognitivos	-Concentración en la tarea - Exploración de hipótesis y estrategias de resolución del problema -Momentos de confusión grupal	- Concentración en la tarea -Exploración de hipótesis para el análisis del ejemplo - Conflicto socio-cognitivo	- Alternancia entre actividades fuera de tarea y de concentración en el trabajo - Modo procedimental de trabajo (el grupo resolvió la tarea casi sin discusiones ni argumentaciones conceptuales) -Pequeños conflictos en relación a la interpretación de la consigna de trabajo, inicialmente, y después a la organización cronológica de los conceptos
Proceso social	- Períodos de trabajo colaborativo - Período de dominio de un miembro (J)	- Períodos de trabajo colaborativo - Períodos de dominio de un miembro (Jo)	- Períodos de trabajo colaborativo - Dominio inicial de un miembro (Ra)	- «Rotación» de personas, trabajo en dúos, trío o cuartetos de alumnos -Períodos de colaboración entre tres o cuatro alumnos - Períodos de dominio de un miembro (Jo)
Miembros más activos verbalmente en relación a la tarea	R (82 funciones) J (73 funciones)	R (55 funciones) Jo (40 funciones)	Ra (64 funciones) Jo (39 funciones)	M (123 funciones) Jo (102 funciones)
Miembros menos activos verbalmente en relación a la tarea	M (15 funciones)	T (1 función) J (9 funciones)	M (2 funciones) T (6 funciones)	J (2 funciones) Ce (4 funciones)

461 enunciados emitidas, en tanto que en el episodio B fueron 275 las funciones reconocidas para las 210 enunciados de los participantes.

La cuantificación y subsiguiente comparación de las funciones verbales aportaron elementos valiosos para la discusión comparativa de los episodios: en los tres primeros, la función verbal más frecuente fue la de *razonamiento*. Este dato se complementa al atender a los *procesos cognitivos* desarrollados por el grupo en estos episodios: en los tres casos el grupo formuló y exploró *hipótesis explicativas* de los fenómenos que estaba analizando, pasando por situaciones de *conflicto sociocognitivo*, en las cuales los miembros tuvieron que explicitar su pensamiento por medio del lenguaje, argumentando y negociando sus interpretaciones. En el caso del episodio D, la modalidad de trabajo desarrollada por el grupo fue atípica con relación a los otros tres episodios analizados, —así como relativamente— a las demás clases registradas en vídeo. Llamamos *procedimental* a esa forma de trabajo, porque el grupo resolvió la tarea casi sin discusiones ni argumentaciones conceptuales, con actitudes orientadas al logro del producto final (en este caso, «el tren conceptual»), pero sin el compromiso cognitivo evidenciado en los episodios anteriores. Consecuentemente, la función verbal más frecuente en este episodio fue de tipo *organizativo*, ya que los alumnos estuvieron dándose mutuamente indicaciones para construir el «tren conceptual», indicaciones que, desde nuestro punto de vista, eran sólo instrumentales u operativas.

El número de enunciados no relacionados con la tarea propuesta sugiere movimientos o *ciclos de concentración/desconcentración* del grupo o de algunos de sus integrantes: la mayor cantidad de este tipo de enunciados se dio en el episodio A, en el cual detectamos 201 dichos dedicados a actividades fuera de la tarea propuesta (es decir, casi el 50 % del total de los enunciados¹⁰); el menor número correspondió al episodio B, en el cual registramos sólo una enunciación fuera de la tarea y sin relación con el curso.

Los *procesos sociales* desarrollados por el grupo tuvieron algunos puntos de semejanza: en todos los episodios el grupo pasó por períodos de *actividad colaborativa*, en los cuales los participantes intentaron alcanzar una comprensión mutua de sus interpretaciones sobre los fenómenos y negociaron sus ideas hasta elaborar los productos solicitados para cada tarea; y en todos los episodios también se dio algún período, o períodos, de «dominio» de uno de los miembros sobre la actividad grupal. Fueron tres los integrantes del grupo que se alternaron en los diversos episodios en relación a asumir la conducción del grupo.

La *actividad verbal con relación a la tarea* constituye un eje de comparación que nos ofrece información sobre el compromiso individual de los miembros en cada episodio. A pesar de que la dimensión individual no fue el foco de nuestra investigación, consideramos relevante señalar una recurrencia y algunas diferencias entre los episodios: una de las alumnas fue uno de los miembros más activos en los tres episodios en que estuvo presente;

pero eso puede ser considerado una excepción, pues alumnos muy activos verbalmente en uno de los episodios pasaron a ser de los menos activos en otro. Esto parece sugerir, desde nuestro punto de vista, una *alternancia relativa en los roles* grupales, que no consideramos, por lo tanto, determinados sólo por características personales, sino también por la disposición de cada alumno para asumir determinado rol en cada situación, por la propia dinámica del grupo en esta situación específica, siendo además ambos aspectos regulados por el tipo de tarea en realización.

Hablamos de una alternancia relativa porque el establecimiento del dominio de un determinado miembro sobre la dinámica del grupo parece estar relacionado con el uso y la comprensión de conocimientos específicos para esa situación y tarea o aun con la posesión de las notas de clase más completas. En este caso, el alumno ejerce el rol de «perito» (o de educador, según la clasificación de Lumpe y Staver, 1995). Pero también vimos cómo el alumno que actuó como perito durante un episodio, se mantuvo al margen de la tarea en otro (p.e., J). Otras funciones relevantes a la hora de realizar una tarea de aprendizaje (quién lee, quién cuestiona, quién pide ayuda al docente, quién escribe, quién organiza al grupo para trabajar) no fueron fijas, sino que fueron asumidas por diferentes miembros en cada episodio analizado. Esta interpretación de las observaciones coincide con el comentario de C, una de las alumnas entrevistadas:

«Siempre cuando tenemos que [...] por ejemplo el otro día, el tren que hicimos, cuando [...] nos dan algún cuestionario [...] tres, cuatro preguntas, alguna cosa sale. Es decir, no es que quedamos; a pesar de que [...] siempre nos dirigimos mucho a Jo o a J, que siempre saben, pero en algunos días que ellos no estaban, de alguna forma nos las arreglamos [...] para hacerlos. Necesitábamos los [apuntes] teóricos, hacemos tal vez una pregunta [al docente] para que nos oriente, para ver como podíamos hacer el problema, pero siempre de alguna forma [...] llegábamos a lo que pedían [...] nos las arreglábamos para hacerlo.» (Entrevista con C¹¹)

Nuestra interpretación coincide con conclusiones de la investigación de Lumpe y Staver (1995). El trabajo de esos autores confirmó su hipótesis de que los roles grupales fluyen durante el discurso, reflejando la *expertise* o habilidad de cada estudiante para controlar la interacción, generando de esa forma una zona de desarrollo próximo, en la cual los estudiantes pueden actuar en niveles más elevados con la ayuda de un colega más experimentado.

En síntesis, como resultado de nuestro estudio reconstruimos procesos sociales y cognitivos vivenciados por el grupo focal. En ese sentido, cada episodio tuvo características singulares. Pero también observamos algunas recurrencias relevantes en esa reconstrucción. Identificamos la utilización de diversos *tipos de enunciados*, desde un análisis funcional de las interacciones lingüísticas, con *predominio de los razonamientos* en tres de los episodios analizados. Reconstruimos *procesos sociales*, en los cuales consideramos que los alumnos establecieron una *estructura cooperativa de funcionamiento*, aun

existiendo una *alternancia entre períodos de trabajo colaborativo y período(s) de dominio* de un miembro sobre la dinámica grupal. También fueron detectadas algunas situaciones de *conflicto (socio)cognitivo* (Perret-Clermont y Nicolet, 1994), en tres de los episodios estudiados, en las cuales los alumnos resolvieron las tareas a partir de procesos argumentativos y de elaboración de consensos. El análisis de los *procesos cognitivos* evidenció cómo la interacción grupal promovió el *cuestionamiento, la relativización y hasta el cambio en las interpretaciones individuales sobre los fenómenos termodinámicos*.

La tarea como regulador de la dinámica grupal

A partir de los resultados obtenidos, nuestra hipótesis es que las *variaciones observadas entre los episodios* podrían estar *relacionadas con las diferentes características de las tareas* en cada episodio. Está basada en Souto (1993), para quien la tarea constituye una de las variables en la regulación de un grupo de aprendizaje. La autora señala:

«La tarea actúa como vinculante y organizadora de los procesos de producción. En ella se articulan la enseñanza y los aprendizajes, y se ponen en relación los diversos sujetos que participan de la situación en pro de ciertas metas reconocidas como comunes» (Souto, 1993, p. 247).

Según Doyle (1984), las tareas son estructuras situacionales, que organizan y dirigen el pensamiento y la acción de los alumnos generando demandas específicas que los obligan a poner en juego estrategias y conocimientos. La tarea —que por ser «situacional» se construye y define en el contexto del aula— cambia, se transforma, evoluciona, no tiene un trayecto único, implica dificultades y conflictos, y avanza a partir de su resolución. En otras palabras, la tarea produce, en ese proceso, aprendizaje.

A lo largo de los episodios analizados, observamos una diversidad de tareas de trabajo en grupo. Cada una de ellas:

- a) presentaba un *objetivo* específico y requería de los alumnos *productos* diferentes;
- b) fue propuesta a través de *mediadores* específicos¹²;
- c) exigía que los alumnos se articularan intersubjetivamente para desarrollar *procesos y estrategias cognitivas* en su resolución;
- d) ponía en juego, en su resolución, *conocimientos de informaciones y contenidos*, pero también *rutinas* propias de la dinámica del aula.

La articulación diferenciada de todos estos elementos, que contribuyen a la definición de la tarea, generó, a nuestro entender, dinámicas diversas en el funcionamiento del grupo en cada episodio analizado. La *tarea* habría funcionado, por lo tanto, como *reguladora de los procesos sociales y cognitivos* que allí se desarrollaron,

constituyendo un factor mediador entre cooperación y aprendizaje cuya incidencia merece ser profundizada en estudios futuros.

Algunas reflexiones: aprendizaje grupal versus aprendizaje individual

Nuestro trabajo no se propuso evaluar los resultados de aprendizaje individual sobre termodinámica del equilibrio y del no-equilibrio logrados: esa tarea quedó en las manos de los docentes del TEF, que la realizaron al final del período. A ese respecto vale notar que los alumnos del grupo fueron todos aprobados en la evaluación correspondiente, que consistió en un examen oral realizado a parejas de estudiantes por dos docentes. En dicho examen se les requirió la resolución del siguiente problema (similar al planteado en el episodio B analizado en este trabajo):

En un sistema dado, un cambio adiabático cuasi estático en el volumen da lugar a un cambio en la presión de acuerdo a la ley $P \cdot V = \text{cte}$. Dado el proceso entre los estados A: $V_1 = 1$ litro, $P_1 = 10$ atm y B: $V_2 = 10$ litros, $P_2 = 1$ atm, calcular la variación de la energía interna.

Los alumnos defendieron oralmente su resolución del problema, fundamentando cada uno de los pasos y resultados obtenidos. Para ello debieron:

- a) recurrir y aplicar el primer principio de la termodinámica;
- b) recurrir y aplicar los formalismos energético o entrópico estudiados;
- c) definir y fundamentar si los procesos planteados eran reversibles o irreversibles; y
- d) representar a través de gráficas.

También se los interrogó acerca de variantes posibles del problema, a fin de evaluar su capacidad de transposición de conocimientos a nuevas situaciones.

Otros resultados relevados por los mismos docentes en 1991-92, comparando dos cohortes a través de una evaluación conceptual escrita voluntaria y anónima, permitieron concluir que existe:

«[...] una diferencia substancial en la incorporación del primer principio [de la termodinámica] entre los dos años en que se realizó la experiencia, habiendo mejorado en el segundo año, debido a una mejor presentación didáctica de los temas. Con relación al segundo principio de la termodinámica, aunque la evaluación haya resultado positiva, se evidencia un aprendizaje más memorístico que significativo en la mayoría de los alumnos.» (Melgarejo et al., 1996, p. 34)

Por otro lado, numerosos trabajos de otros investigadores tuvieron por objetivo comparar los resultados obtenidos en el aprendizaje por medio de estrategias de trabajo en grupo

y propuestas de aprendizaje individual. Por ejemplo, la revisión de Johnson y Johnson (1993) y el artículo de Bianchini (1997) ofrecen visiones contrapuestas con relación a la efectividad del trabajo en grupos para el aprendizaje, pero la proporción de trabajos que argumentan diferencias significativas a favor de la cooperación casi duplica a los que la cuestionan, los últimos postulando ausencia de distinciones en los logros con una estrategia u otra (Rodríguez y Escudero, 2000).

En nuestra investigación, el análisis de los resultados de aprendizaje fue sólo un telón de fondo. El tema central de ésta se centraba en los procesos sociales y cognitivos desarrollados por un grupo de alumnos, en la difícil tarea de construir conocimientos compartidos.

Por esa razón, a partir del análisis de los episodios, tenemos una apreciación cualitativa de los logros cognitivos del grupo, sin poder arriesgar afirmaciones más seguras con relación a la estabilidad y la consistencia de las interpretaciones sobre los fenómenos termodinámicos generadas en las interacciones grupales. Podemos, sí, reconocer procesos y percibir cambios en las interpretaciones de los alumnos a partir del intercambio de ideas, que nos llevan a inferir la posibilidad de construcción/desestabilización/revisión de concepciones en el nivel individual.

¿Pero cuáles fueron esos logros, esos cambios que apreciamos a lo largo de los episodios?

En el episodio A, fuimos testigos de los intentos que el grupo hizo para analizar un fenómeno termodinámico simple (el aire dentro de un globo), utilizando sus conocimientos previos. En esa oportunidad, los alumnos explicitaron sus representaciones del sistema en estudio: modelizaron el aire, a veces como un sistema de partículas, a veces como partícula; y elaboraron hipótesis respecto del comportamiento de esos modelos poniendo en juego variables ya conocidas, por haberlas estudiado en el TEF o porque formaban parte de sus conocimientos previos (fuerza, cantidad de movimiento, carga, presión, calor). El modelo macroscópico, presentado expositivamente por los docentes para el análisis de los procesos termodinámicos no fue utilizado en las argumentaciones.

Ese problema ya no apareció en el episodio C, al momento de analizar el caso del dinosaurio que poseía una estructura en forma de «vela» e identificar si era posible o no aplicar la termodinámica del equilibrio a ese ejemplo. Los alumnos trabajaron directamente sobre la base de un modelo macroscópico del fenómeno. Aparecieron movimientos de oposición, conflicto, negociación en el reconocimiento inicial de la temperatura como variable intensiva¹³; y después en la discusión sobre la posibilidad de medir las variables extensivas en el caso de ese animal. Llegaron, por medio de un proceso de argumentación, a la conclusión de que estaban frente a un sistema en estado estacionario, donde los flujos son continuos (los alumnos sintetizaron esta idea hablando de «sistemas continuos»), y que, por lo tanto, no era posible estudiarlo a partir de la perspectiva de la termodinámica del equilibrio.

La elaboración grupal de esa conclusión, en el episodio C, constituyó un logro cognitivo muy importante, sobre todo si consideramos los objetivos de los docentes al presentar esa unidad pedagógica:

«El foco de nuestro trabajo se centró en contribuir a la formación profesional del estudiante de geología y biología con herramientas de termodinámica del no-equilibrio, colocando el énfasis en las siguientes ideas:

»1) No bastan las herramientas de la termodinámica del equilibrio para analizar los sistemas biológicos.

»2). Los “sistemas vivos” o con mecanismos de autorregulación se encuentran en un “nuevo” estado, el estado estacionario.

»3) Los estados estacionarios se definen como minimizadores de la velocidad de producción de entropía.» (Melgarejo et al., 1996, p. 33)

El episodio B, de resolución de un problema cualitativo, evidenció las dificultades de los alumnos para imaginar un sistema altamente idealizado (tal como el propuesto) para lidiar con las herramientas matemáticas de análisis de funciones y considerar al mismo tiempo múltiples variables¹⁴. El trabajoso proceso de reflexión –por momentos compartido, por momentos más individual– les permitió identificar la posibilidad de utilizar el formalismo entrópico para abordar el problema –procedimiento de resolución hasta ese momento apenas presentado expositivamente por los docentes. Pero las dificultades para comprender el sentido de las condiciones extremas necesarias en la utilización de este formalismo fueron un límite en la producción grupal. En este episodio, el proceso de discusión desarrollado por el grupo se constituyó en una forma de preparar y generar la necesidad de adquisición de nuevos conocimientos. Los alumnos precisaron de la ayuda y la explicación docente para comprender y resolver ese problema.

Nos parece necesario aquí hacer una aclaración, importante en un estudio sobre procesos grupales de aprendizaje. No consideramos que el trabajo en grupos sea una solución mágica para el aprendizaje, que pueda excluir otras estrategias, otros participantes u otros escenarios de enseñanza y aprendizaje. El proceso observado en este episodio evidenció, aun más claramente que en los otros, el papel insustituible del profesor como agente mediador entre los conocimientos científicos y los saberes previos de los alumnos.

Por otro lado, este episodio nos enfrenta a la necesidad de reflexionar acerca de cómo se desarrollan los procesos de aprendizaje en general. Una visión simplista del mismo, muy frecuente en las aulas, principalmente universitarias, lleva a los profesores a decir: «Pero, si yo expliqué el tema ¿cómo pueden los alumnos decir que no lo aprendieron?». Esa perspectiva de transmisión-recepción acostumbra a imaginar al alumno como un recipiente vacío, que precisaría ser llenado con las nuevas informaciones, asimilables sin obstáculos, en un

proceso lineal y acumulativo de aprendizaje, generado a través de la repetición y de asociaciones progresivas (Pope y Gilbert, 1988). Acompaña a esa concepción, muchas veces, el establecimiento de una relación de causalidad lineal entre los procesos de enseñanza y aprendizaje. El aprendizaje surgiría, según esa idea, como consecuencia necesaria de la enseñanza¹⁵. Por eso, en este modelo pedagógico centrado en la transmisión-recepción, «es el profesor el 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 pasivamente internalizarlo y reproducirlo en términos *verbatim* en las evaluaciones.» (Pacheco Schnetzler, 1992, p. 17)

Acompañar a los alumnos del grupo focal, viéndolos debatirse entre variables, fórmulas, formas de representación, nuevas informaciones y tratar de relacionarlas, aun infructuosamente, con sus conocimientos previos, nos obliga a «re-examinar» esas concepciones, todavía vigentes en muchas aulas.

A partir de la adopción de una perspectiva constructivista del aprendizaje, se comienza a concebir al alumno como sujeto activo en la conducción del proceso de construcción del conocimiento. Resultados de investigación muestran también que los alumnos, antes de la instrucción formal, desarrollan sus propias concepciones de los fenómenos naturales, por medio de su experiencia con el mundo y con los otros (Driver, 1989; Pozo, 1987). Se tiene, entonces, como consecuencia, el imperativo de que el conocimiento a ser enseñado debe partir del conocimiento que el alumno ya trae al aula (Ausubel, 1976).

Otra perspectiva actual, que incorpora los aportes de las investigaciones en la línea sociocultural, y va ganando cada vez más adeptos, concibe el aprendizaje de conocimientos científicos como un proceso en el cual los alumnos se van apropiando de los significados y del lenguaje del profesor en la construcción de un conocimiento compartido (Edwards y Mercer, 1994). En esta óptica, «aprender ciencias es visto como un proceso de “enculturación” [...] o sea, como la entrada en una nueva cultura, diferente de la cultura de sentido común.» (Mortimer y Horta Machado, 1997, p. 140)

Esta entrada en el mundo de la ciencia ocurre, entonces, a través de un proceso de interacciones discursivas, en el cual el profesor posee un papel fundamental, como representante de la cultura científica. En esta perspectiva, la enseñanza de las ciencias es entendida como un proceso social que introduce a los alumnos en una comunidad de personas que «hablan ciencia», que poseen no sólo un lenguaje específico, sino también creencias y valores propios (Lemke, 1997; Mortimer y Horta Machado, 1997). Coherentemente con esta línea, Solomon propone una nueva metáfora para expresar el aprendizaje: «[...] un joven estudiante, sentado fuera de un círculo de discusión entre eruditos, pescando fragmentos de la conversación e intentando juntarlos. Algún día nosotros fuimos ese niño, la familia fue el círculo y nosotros dimos vueltas a las frases que escuchábamos,

hasta que éstas formaron una idea. Probábamos su sentido y, muchas veces, estábamos cómicamente equivocados. Con suerte, nadie reía. Entonces, nos explicaban la idea una vez más de manera esclarecedora [...]. Cuando intentábamos de nuevo, y la idea semiformada parecía ser aceptada por los otros, ésta se fortalecía. Adultos bondadosos nos estimulaban a usarla de nuevas maneras: nuestra comprensión y orgullo de usarla crecía. La idea gradualmente se hacía nuestra y, por la misma razón, nosotros nos integrábamos al círculo privilegiado y conoedor que la usaba.» (Solomon, 1994, pp. 17-18)

Estas nuevas visiones nos invitan a pensar el aprendizaje de conocimientos científicos como un proceso tortuoso, lleno de avances pero también de retrocesos. Un proceso imprevisible, complejo y, fundamentalmente, de largo plazo. Tal vez sea la descripción de Vygostky (Rivière, 1988, p. 59), que habla del desarrollo por «transformaciones revolucionarias y espasmódicas», la más adecuada para capturar ese fenómeno.

La práctica de trabajo en grupos que analizamos, se presentó como una situación privilegiada de interacción entre pares. En esas situaciones, los alumnos se expusieron, explicitaron su comprensión de los fenómenos, discutieron, negociaron sus interpretaciones y cambiaron, en algunos momentos, sus puntos de vista. A partir de esas interacciones entre alumnos, sumadas a las interacciones con el mundo físico y con los docentes (adultos más experimentados) vimos emerger la posibilidad del aprendizaje.

El valor del grupo para sus integrantes y la cooperación

El significado personal atribuido a las interacciones en su grupo de aprendizaje por las alumnas, durante las entrevistas, refuerza nuestra percepción del valor de esas instancias de trabajo. Sus testimonios también evidencian la diversidad de sentidos que adquieren esas interacciones, según las necesidades personales y la posición de cada individuo respecto al conocimiento físico:

«Me parece que, obviamente, es bueno [el trabajo en grupo] porque [...] se complementan mucho las cosas [...] es como que todos aportan diferentes cosas. A veces algo que no quedó claro para mí, quedó claro para otra persona, o estamos trabados todos en algo y quién sabe juntos [...] por medio de la discusión, se puede llegar a un buen puerto o, no sé, se puede dejar algo claro. Me parece bueno». (*Entrevista con Jo*)

«Lo que ocurre es que yo con la física, personalmente [...] voy a la clase, y estoy allí, pero después tengo que estar con todo el grupo, que me expliquen tal y tal tema. Yo copio, copio, copio, pero no tengo idea de lo que estoy copiando. No tengo idea. Cuando me explican entonces sí: ¡ah! Ya sé todo. Pero necesito que, por ejemplo, Jo, que es quien más entiende, se siente conmigo y me diga: ‘esto es, se hace así, esto es para esto’. Y entonces yo comienzo [a comprender] [...] Estoy super-satisfecha [...] Yo sola, si volviera a hacerlo, me muero, porque el grupo es fundamental, yo me siento super-bien [...] a veces cuando faltan [...] es como medio vacío, y como que no sabemos cómo comenzar, porque si faltan los que más saben, ¿cómo solucionamos los problemas? Somos un montón, que estamos de este lado, nos hace falta el otro». (*Entrevista con T*)

«[...] entonces estando en grupo es como que te incentivan a hacer los problemas, o si no sale algo [...] te van diciendo. Es como que yo, casi siempre preciso que [...] aparte de la explicación del profesor, que alguien me explique como más fácil, con palabras iguales a las mías, entonces, cuando me explica cualquiera del grupo, sale [...] más rápido, o entiendo mejor.[...]Entonces [...] me sirve mucho más.» (*Entrevista con M*)

En el caso de Jo, el grupo se configura como un espacio privilegiado de complementación, comunicación y trabajo con las diferencias. Para T, el vínculo grupal constituye la mediación imprescindible para alcanzar la comprensión de los temas. Finalmente, para M, las interacciones en el grupo son el incentivo al trabajo y la ayuda necesaria para el abordaje de la física.

A partir del análisis de los episodios, observamos una estructura de funcionamiento en el grupo que clasificamos como *cooperativa*. Atribuimos esa categoría en función de los tipos de organización social de los alumnos, caracterizados según las estructuras de objetivos establecidas al interior de los grupos (Johnson, 1981). En una *estructura cooperativa*, los objetivos de los participantes están vinculados de modo tal, que uno de ellos sólo puede alcanzar su objetivo si, y sólo si, los otros alcanzan los suyos. Esa clasificación considera también las *estructuras competitivas* (en las cuales la coordinación de las conductas de los individuos es tal que, cuanto más se esfuerza un miembro para aproximarse a su objetivo, más les impide a las otras personas del grupo cumplir sus propósitos) y las *estructuras individualistas* (en las cuales no existe una coordinación, ni en sentido positivo, ni negativo, entre los objetivos de los participantes).

La percepción de una de las alumnas sobre el funcionamiento cooperativo de su grupo confiere credibilidad a nuestra interpretación de los datos:

«Es como que también en el grupo nos vamos ayudando si [...] o sea, si te quedaste perdida en alguna cosa, alguien vuelve a explicártela de nuevo, si es necesario, ciento veinte veces. Las chicas, el otro día, habían sido aprobadas en la primera fecha [de la prueba parcial] y yo y C tuvimos que ir a otra fecha más [hacer la prueba nuevamente]. Y bueno, no es que nos dejaron "en banda" [solos]: "Listo, estudien ustedes, arréglenselas". Vinieron y se pusieron a estudiar con nosotros de nuevo, a explicarnos aquello en lo que habíamos fallado, que era en una última parte sobre energía. Y, o sea, no es que "bueno, listo, yo ya fui aprobada". Entonces, ahora también, a veces uno va con un ejercicio adelantado, y el otro no, pero después te lo explican.» (*Entrevista con M*)

M expresa, de esa forma, el clima de solidaridad y de ayuda mutua existente en el grupo, que se manifiesta cotidianamente durante las clases, cuando se comparten dudas y explicaciones. También comenta momentos como las pruebas parciales, cuando se exige a los alumnos una evaluación individual de sus progresos en el aprendizaje. Es en esos momentos en los que el éxito de todos se convierte más claramente en objetivo de cada uno.

Consideramos necesario hacer más compleja la clasificación de Johnson, a fin de incluir aquellos movimientos

de colaboración o dominio que describimos para el grupo en todos los episodios. A partir de una visión esquemática, los períodos de dominio de un miembro podrían tal vez ser vistos como etapas de funcionamiento del grupo caracterizadas por una estructura individualista, y hasta competitiva. Pero esos períodos de dominio fueron seguidos, en la mayoría de los casos, por movimientos de negociación y colaboración entre los participantes. A partir de esos momentos posteriores, el producto de una acción que podía ser individualista se convirtió, a nuestro criterio, en la base de interacciones cooperativas (en relación con el objetivo común: realizar la tarea de aprendizaje indicada).

El sentido otorgado al grupo por sus integrantes y la caracterización que realizamos de una estructura cooperativa de trabajo constituirían indicios de los aprendizajes actitudinales logrados a través de este tipo de actividades.

CONCLUSIONES Y CONSECUENCIAS PEDAGÓGICAS

Consideramos que el carácter y la configuración dinámica e histórica de las interacciones son modelados por los individuos –sus historias, intereses y necesidades– por los conocimientos puestos en juego en una tarea determinada, y también por el contexto educativo que los atraviesa. Escogimos realizar nuestra investigación en el TEF, por saber que esa propuesta tiene por objetivo generar determinadas configuraciones en las interacciones entre alumnos a fin de fortalecer la «grupalidad» –entendida como el potencial del grupo para constituirse en cuanto tal, más allá de un conjunto de individuos (Souto, 1993).

No es éste el caso más frecuente en la enseñanza universitaria de ciencias. Conocemos algunas propuestas que comparten ese objetivo pero, en la gran mayoría de las asignaturas, se parte de una desvalorización del trabajo en grupos como escenario de aprendizaje de conocimientos científicos, y difícilmente se incluyen estrategias que consideren actividades y procesos grupales.

Nuestro análisis de los procesos cognitivos y sociales entre alumnos ofrece razones para cuestionar y repensar esa desvalorización y sus fundamentos. Esto no quiere decir que desconozcamos las complejidades del trabajo con propuestas grupales de aprendizaje; la construcción de conocimientos científicos en contextos grupales merece cuidados pedagógicos específicos. Se hace necesario, entre otros aspectos: prestar atención a los tipos de tareas propuestas; acompañar –y reflexionar– con los alumnos sobre los procesos sociales y cognitivos por ellos desarrollados; y fundamentalmente, generar un contexto de enseñanza-aprendizaje que mantenga coherencia con las actitudes solicitadas a los alumnos. Eso implicaría cambios importantes en las aulas universitarias tradicionales, en los currículos y en las formas del accionar docente.

El trabajo en grupo para la enseñanza-aprendizaje de conocimientos científicos requiere de los profesores una formación que combine los numerosos saberes ya señalados por otros investigadores (Gil Pérez, 1991), con una aproximación a la psicología de los grupos y sus aplicaciones al campo educativo. Pero también

requiere la posibilidad de reflexionar colectivamente a partir de la propia experiencia. En ese sentido sería imprescindible la elaboración de propuestas de formación inicial y continuada que contengan, por sí mismas, el trabajo en grupos entre los docentes o futuros docentes.

NOTAS

¹ Abarca todos los niveles educativos, ya que posee jardín maternal y de infantes, un establecimiento de educación general básica, tres de tercer ciclo de EGB y polimodal, y numerosas facultades con carreras de grado y postgrado en diversas disciplinas.

² Una característica organizativa de la universidad argentina es la existencia de la estructura de cátedra, es decir que cada materia es desarrollada por un conjunto de docentes. De ese conjunto participan en general un profesor titular, uno o más profesores adjuntos y asociados, uno o más jefes de trabajos prácticos, asistentes diplomados y también estudiantes avanzados de las respectivas carreras. Una de las características innovadoras del TEF es el desarrollo de la materia por un equipo interdisciplinario de docentes, que desempeñan diversos roles en las clases según su interés y capacidad, pero sin vinculación estricta con su jerarquía académica.

³ La matrícula media del TEF en los últimos años oscila entre los 150 y 200 alumnos, a los que atiende un equipo de alrededor de 15 docentes. Dichos docentes se organizan en parejas, que actúa cada una como «referente» o tutor de dos o tres grupos de alumnos durante todo el año, durante las actividades grupales. Sin embargo, todo el equipo del TEF se encuentra a disposición de los alumnos para solucionar dudas o consultas, controlar tiempos o dar pautas generales. Esta característica de la forma de trabajo docente se evidenció en los episodios analizados, ya que no sólo los referentes interactuaron con el grupo focal de nuestro estudio, sino que varios docentes se aproximaron y mantuvieron conversaciones con ellos. Además de los diversos tipos de actividades grupales planteadas a los alumnos, el curso teórico-práctico del TEF implica el desarrollo de exposiciones teóricas, seminarios de especialistas invitados, discusiones en plenario y discusiones grupales acerca del tipo y tema del trabajo de evaluación final.

⁴ Elaborada y defendida como tesis de maestría en educación de la Universidad Federal Fluminense (Brasil) por la primera autora de este artículo, gracias al otorgamiento de una beca de formación docente del Proyecto FOMEC de Física de la UNLP, bajo la dirección de la Dra. Dominique Colinvaux y la codirección de la Dra. Ana G. Dumrauf.

⁵ Utilizamos este término para referirnos a las situaciones en las cuales el investigador no pretende «controlar» determinadas variables y, por lo tanto, no genera cambios pedagógicos intencionales en las dinámicas habituales del aula. Definimos *situación natural* por oposición a *contexto experimental* de investigación (como en los casos en los que el investigador propone diversos agrupamientos de los alumnos, de acuerdo

con las características de género, número, desempeño, nivel de desarrollo u otras; o establece grupos experimental y control que reciben tratamientos pedagógicos diferenciados).

⁶ En una estructura *cooperativa*, los objetivos de los participantes en un grupo están vinculados de modo tal que uno de ellos sólo puede alcanzar su objetivo si, y sólo si, los otros alcanzan los suyos. En las estructuras *competitivas*, la coordinación de las conductas de los individuos es tal que, cuanto más los esfuerzos de un miembro le permiten aproximarse a su objetivo, más las otras personas del grupo serán alejadas de cumplir sus propósitos. En las estructuras *individualistas* no existe una coordinación, ni en sentido positivo, ni negativo, entre los objetivos de los participantes.

⁷ El evidente absurdo de la tarea pretendía orientar hacia la discusión de las variables relevantes a la hora de caracterizar el estado del sistema en estudio.

⁸ Para realizar esta caracterización utilizamos como fuente, además del registro en vídeo, las notas de campo realizadas durante las reuniones de planificación docente. Durante las mismas, los docentes evaluaban retrospectivamente, y discutían y consensuaban los objetivos, actividades y contenidos a desarrollar en cada clase, ofreciéndonos de esta forma una insustituible vía de reconstrucción de sus prácticas de enseñanza.

⁹ Definimos una enunciación como el discurso producido por un hablante, hasta la aparición de un silencio o la participación verbal de otro integrante del grupo o docente.

¹⁰ Cabe aclarar que de esas 201 enunciados fuera de la tarea propuesta, más de la mitad se refirió a cuestiones que tenían que ver con el curso, y que en algunos momentos hasta fueron estimuladas por los propios docentes.

¹¹ Las entrevistas fueron analizadas, inicialmente, a partir de su fragmentación y comparación por pregunta para, más tarde, realizar una «re-lectura» por «temas emergentes». Buscamos obtener, a través de ellas, caracterizaciones del proceso grupal vivenciado durante las clases de termodinámica elaboradas por los propios sujetos, opiniones acerca de la experiencia de aprendizaje en el TEF y autoevaluaciones de sus procesos de aprendizaje en ese período.

¹² En la forma de: *a*) guía de instrucciones para la experiencia con el globo (episodio A); *b*) guía de problemas más tradicional (episodio B); *c*) texto de circulación interna descriptivo del ejemplo del dinosaurio (episodio C); y *d*) instrucciones transmitidas oralmente por los docentes (episodio D).

¹³ Que los alumnos mismos hayan llegado a esta conclusión es un resultado importante del trabajo en grupo, ya que la naturaleza intensiva de la temperatura no es comprendida por muchos estudiantes que, inadecuadamente, usan la suma para predecir la temperatura final cuando son mezcladas dos muestras de agua, a diferentes temperaturas (Erickson, 1980).

¹⁴ Esa última dificultad no nos sorprende cuando la comparamos con conclusiones de diversas investigaciones realizadas por

Viennot (1997-98), que detectaron una tendencia muy generalizada, aun entre estudiantes universitarios, de intentar reducir el número de variables incluidas en los problemas con variables múltiples, por medio del establecimiento de relaciones de causalidad lineal.

¹⁵ A nuestro entender, esos procesos estarían vinculados por una relación de dependencia ontológica, tal como la definida por Fenstermacher (1983).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANZIEU, D. (1986). *El grupo y el inconsciente*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- AUSUBEL, D. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- BANERJEE, O.C. y VIDYAPATI, T.J. (1997). Effects of lecture and cooperative learning strategies on achievement in chemistry in undergraduate classes. *International Journal of Science Education*, 19(8), pp. 903-910.
- BAROLLI, E. y VILLANI, A. (1998) Laboratório didático e subjetividade. *Investigações em Ensino de Ciências*, 3(3), pp. 1-22.
- BIANCHINI, J.A. (1997). Where knowledge construction, equity, and context intersect: Student learning of science in small groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), pp. 1039-1065.
- BION, W. (1963) *Experiencias en grupos*. Buenos Aires: Paidós.
- BURRON, B., JAMES, M.L. y AMBROSIO, A.L. (1993). The effects of cooperative learning in a physical science course for elementary/middle level preservice teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), pp. 697-707.
- COHEN, E.G. (1994). Restructuring the classroom: Conditions for productive small groups. *Review of Educational Research*, 64, pp.1-35.
- CORDERO, S., PETRUCCI, D. y DUMRAUF, A. G. (1996). Enseñanza universitaria de física: ¿En un taller? *Revista de Enseñanza de la Física*, 9(1) pp. 14-22.
- DE LONGHI, A.L. (2000). El discurso del profesor y del alumno: análisis didáctico en clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(2), pp. 201-216.
- DOYLE, W. (1984). How order is achieved in classrooms. *Curriculum Studies*, 16(3).
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC-Morata.
- EDWARDS, D. y MERCER, N. (1994). *El conocimiento compartido. El desarrollo de la comprensión en el aula*. Madrid: Paidós.
- ERICKSON, G. (1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education*, 64(3), pp. 323-336.
- FENSTERMACHER, G. (1989). Tres aspectos de la filosofía de la investigación sobre la enseñanza, en Wittrock, M. *La investigación en la enseñanza I*, pp. 150-178. Barcelona: Paidós.
- GIL PÉREZ, D. (1991). Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 69-77.
- JOHNSON, D. y JOHNSON, R. (1993). What we know about Cooperative Learning at the college level. *Cooperative Learning*, 13(3).
- JOHNSON, D.W. (1981). Student-student interaction: the neglected variable in education. *Educational Researcher*, 10, pp. 5-10, en Coll Salvador, C. (1994). *Aprendizagem escolar e construção do conhecimento*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- KUMPULAINEN, K. y MUTANEN, M. (1999). The situated dynamics of peer group interaction: an introduction to an analytic framework. *Learning and Instruction*, 9, pp. 449-473.
- LEMKE, J. (1997). *Aprender a hablar ciencias. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- LONNING, R.A. (1993) Effect of cooperative learning strategies on student verbal interactions and achievement during conceptual change instruction in 10th grade General Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9) pp. 1087-1101.
- LUMPE, A. y STAVEN, J. (1995). Peer collaboration and concept development: Learning about photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, (1) pp. 71-98.
- MASON, L. (1998). Sharing cognition to construct scientific knowledge in school context: The role of oral and written discourse. *Instructional Science*, 26, pp. 359-389.
- MELGAREJO, A., TITO, G. y CAPPANNINI, O. (1996). Propuesta para la enseñanza de la termodinámica del no-equilibrio. *Revista de Enseñanza de la Física*, 9(1), pp. 29-36.
- MORTIMER, E. y HORTA MACHADO, A. (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, pp. 139-162.

- PACHECO SCHNETZLER, R. (1992). Construção do conhecimento e ensino de ciências. *Em Aberto*, 11(55), pp. 17-22.
- PERRET CLERMONT, A. N. y NICOLET, M. (1994). *Interactuar y conocer. Desafíos y regulaciones sociales en el desarrollo cognitivo*. Buenos Aires: Miño y Dávila.
- PETRUCCI, D. y CORDERO, S. (1994). El cambio en la concepción de evaluación. Implementación universitaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2) pp. 289-294.
- POPE, M. y GILBERT, J. (1997). La experiencia personal y la construcción del conocimiento en ciencias, en Porlan, R., García, E. y Cañal, P. (orgs.). *Constructivismo y Enseñanza de las ciencias*, pp. 73-88. Sevilla: Díada.
- POZO, J.I. (1987). *Aprendizaje de las ciencias y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- PUIGGRÓS, A. (1993). *Universidad, proyecto generacional y el imaginario pedagógico*. Buenos Aires: Paidós.
- RICHMOND, G. y STRILEY, J. (1996). Making meaning in classrooms: Social processes in small-group discourse and scientific knowledge building. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8) pp. 839-858.
- RIVIÈRE, A. (1988). *La psicología de Vygotski*. Madrid: Aprendizaje-Visor.
- RODRÍGUEZ, L.M. y ESCUDERO, T. (2000). Interacción entre iguales y aprendizaje de conceptos científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), pp. 255-274.
- ROYCHOUDHURY, A. y ROTH, W. (1996). Interactions in an open-inquiry physics laboratory. *International Journal of Science Education*, 18(4), pp. 423-445.
- SCOTT, P. (1997). Teaching and Learning Science Concepts in the Classroom: Taking a path from spontaneous to scientific 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.
- SOLOMON, J. (1994). The Rise and Fall of Constructivism. *Studies in Science Education*, 23, pp.1-19.
- SOUTO, M. (1993). *Hacia una didáctica de lo grupal*. Buenos Aires: Miño y Dávila.
- THÉBERGE RAFAL, C. (1996). From co-construction to takeovers: Science talk in a group of four girls. *The Journal of the Learning Sciences*, 5(3), pp. 279-293.
- VIENNOT, L. (1997-98). Experimental facts and ways of reasoning in thermodynamics: learner's common approach, en *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education. An ICPE Book*. International Commission on Physics Education, 1997-1998. Section C3.

[Artículo recibido en noviembre de 2000 y aceptado en marzo de 2002.]

ANEXO I

Dimensiones, categorías de análisis y sus descripciones, basada en Kumpulainen y Mutanen (1999).
(Nuestras modificaciones y agregados se remarcaron en cursiva.)

Dimensión	Categoría analítica	Descripción
Proceso cognitivo	<p>Exploratorio/interpretativo de hipótesis, evaluación y experimentación</p> <p>Procedimental/rutina</p> <p><i>Conflicto (socio)cognitivo</i></p> <p>Actividad fuera de la tarea - AFT1 - AFT2</p>	<p>Actividad crítica y exploratoria, que incluye planificación, testeo</p> <p>Actividad procedimental sobre la tarea, que se concentra en la manipulación, organización y ejecución de la tarea sin análisis reflexivo</p> <p><i>Oposiciones de respuestas entre los alumnos y modalidad de resolución «sociocognitiva»</i></p> <p>Actividad no relacionada con la tarea <i>Actividad no relacionada con la tarea ni con el curso de física</i> <i>Actividad no relacionada con la tarea pero sí con el curso de física</i></p>
Proceso social	<p>Colaborativo:</p> <p>- Tutoría - Argumentación</p> <p>Individualista</p> <p>Dominio</p> <p>Confusión</p>	<p>Actividad conjunta caracterizada por la participación igualitaria y la construcción de significados</p> <p>Ayuda y asistencia de un estudiante a otro</p> <p>Confrontación de los estudiantes en conflictos sociales y cognitivos que son resueltos y justificados de manera racional</p> <p>Trabajo de los estudiantes en relación a tareas individuales sin compartir ni construir conjuntamente significados</p> <p>Dominio del trabajo por un estudiante, participación desigual</p> <p>Falta de comprensión compartida, los estudiantes no se comprenden mutuamente o no comprenden la tarea</p>
Funciones lingüísticas	<p>Informativa</p> <p>Razonamiento</p> <p>Evaluativa</p> <p>Interrogativa</p> <p>De respuesta</p> <p>Organizativa</p> <p>De juicio:</p> <p>- Acuerdo - Desacuerdo</p> <p>Argumentativa</p> <p>Redacción</p> <p>Revisión</p> <p>Dictado</p> <p>Lectura en voz alta</p> <p>Repetición</p> <p>Experiencia</p> <p>Afecto</p>	<p>Provisión de información</p> <p>Razonamiento explícito</p> <p>Evaluación del trabajo <i>o de una acción</i></p> <p>Formulación de una pregunta</p> <p>Respuesta a una pregunta</p> <p>Organización o control del comportamiento</p> <p>Expresión de acuerdo Expresión de desacuerdo</p> <p>Justificación de información, opinión o acción</p> <p>Redacción de un texto</p> <p>Revisión <i>de un texto o una idea</i></p> <p>Dictado</p> <p>Lectura de un texto</p> <p>Repetición de algo ya dicho</p> <p>Expresión de experiencias personales</p> <p>Expresión de sentimientos</p>