

EN BUSCA DE SIGNIFICADO PARA LA NOCIÓN DE ACELERACIÓN EN UN AULA DE NIVEL MEDIO: ANÁLISIS DEL DISCURSO DE ALUMNOS Y PROFESOR
(In search of meaning for the notion of acceleration in classroom of secondary: analysis of discourse of teacher and pupils)

Consuelo Escudero

Departamento de Física. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan.
 Avda. Libertador 1109 (O). 5400. San Juan. Argentina.
 cescude@unsj.edu.ar

M^a Concesa Caballero

Dpto. Didácticas específicas. UB C/. Villadiego, s/n. 09001 Burgos, España.
 concesca@ubu.es

Resumen

En este trabajo buscamos investigar como los alumnos resuelven situaciones problemáticas durante la realización de actividades de enseñanza sobre cinemática de las traslaciones, así como lo que el docente dice, como un modo de relevar las competencias que el profesor pone en juego cuando plantea una innovación didáctica en el aula de resolución de problemas. Los datos registrados se refieren a un grupo de cuarenta alumnos de 4º año de la educación media (15-17 años). Para el análisis y la interpretación del habla de alumnos y profesor, utilizamos a Brousseau (1986), Gumperz (1971, 1988), Goffman 1970, Gumperz y Berenz (1991) y Brandi et al. (2001). Entre las principales conclusiones podemos destacar la aparición en la clase de resolución de problemas lo que Brousseau (1986) denomina ruptura didáctica del contrato, caracterizado por la *devolución vs. contra-devolución*. Las rupturas en el discurso se sitúan tanto en las características de las situaciones que el profesor propone a sus alumnos como en las diferentes funciones que cumple el discurso del docente para asegurar que los estudiantes sean acompañados en sus cambios.

Palabras claves: concepto de aceleración; discurso de alumnos y profesor; situaciones problemáticas; clases en secundaria; teoría de los campos conceptuales.

Abstract

With our work we are searching to investigate how students solve problematic situations during the performing of educative activities about the kinematic of translations, as the teacher says, like a way to distinguish and emphasize the competences that the teacher puts into play, when presenting in a classroom situation, an innovative didactic to solve problems. The registered data is referred to a group of 40 (forty) students from 4th year of middle education (they are between 15 and 17 years old). For the analysis and interpretation of the teacher and students' speech, we worked with Brousseau (1986), Gumperz (1971, 1988), Goffman 1970, Gumperz y Berenz (1991) and Brandi et al (2001). As regards the main conclusions, we can highlight the appearance, during the class of solving problems, what Brousseau calls didactic breaking of the contract, characterized by the *"feedback"* vs *"against-feedback"*. The breakings in the speech are situated not only in the characteristics proposed by the teacher to his students but also in the different functions carried out by the teacher's speech in order to ensure that students are going to be accompanied in their changes.

Key words: acceleration concept; the pupils and teacher discourse; problematic situations; secondary classroom; conceptual field theory.

Introducción

Trabajos recientes (Escudero 1996, Peduzzi 1997, Zylbersztajn 1998, Campanario 2000, 2001, Escudero, González y García 1999, Massa et al 2000) señalan que los problemas sobre fórmulas aisladas son frecuente fuente de fracaso en las aulas. Es decir, que cuando los estudiantes tienen que transferir lo que aprendieron a situaciones nuevas, las dificultades de los estudiantes son muy grandes, probablemente porque sean consideradas actividades que no precisan de orientación específica. La compleja capacidad requerida para resolver problemas es una construcción en la que intervienen todas las acciones escolares que se realizan desde que el niño comienza su educación formal. Pero es evidente que esta cuestión no se ha tenido suficientemente en cuenta. La mayoría de los esfuerzos realizados en este aspecto (por ejemplo, mediación), se han volcado a la búsqueda de métodos (o estrategias) que conduzcan a la obtención de un resultado y no a la ocurrencia de un proceso.

Llevamos ya más de una década de investigaciones centradas en el estudio del cambio conceptual y en cómo propiciarlo a través de la instrucción. Todas ellas no hacen más que revelar la necesidad de abrir nuevos interrogantes sobre la cognición humana y sobre la naturaleza representacional del conocimiento.

Para estudiar la adquisición de habilidades personales en la maestría de resolución de problemas, el referente teórico dominante ha sido la línea de investigación de Expertos y Novatos. La más notable diferencia entre ellos es la rapidez, fluidez, y perfección de las actividades cognitivas del experto frente al novato, generalmente lento y titubeante que comete errores y equivocaciones.

Sin embargo, las habilidades de los estudiantes en la escuela, a veces, ni siquiera son desestructuradas, ni consisten de momentos ni de piezas para restablecer ideas para una posible solución, ni toman la información dada para orientarse al realizar una explicación, un cálculo, etc.; ni restauran la fórmula o la regla para calcular o formular una respuesta como suelen describir dichos estudios como propios de “novatos”. Menos podemos hablar del grado de automatización con que ellas se ejecutan.

El objeto de investigación en la línea de la resolución de problemas es un objeto esencialmente complejo que ha sido impregnado de la problemática misma de la investigación educativa en ciencias. Esta diversidad marcada desde distintos ángulos: cognitivo, social, lingüístico la caracteriza como un área en la que convergen diferentes referenciales teóricos, metodológicos, pero por sobre todo epistemológicos. Lo que influye en que se estén viendo y trabajando con distintos objetos.

A pesar de un nuevo énfasis en el discurso y en la interacción, consideramos que relativamente poco se conoce sobre cómo los profesores dan soporte al proceso por el cual los estudiantes construyen significados en la clase de resolución de problemas de Física, por ejemplo; sobre cómo se producen esas interacciones y sobre cómo los diferentes tipos de discurso pueden ayudar al aprendizaje de los estudiantes. Difícilmente alguien no acuerde con la importancia central del discurso de profesores y alumnos en el aula de ciencias para la elaboración por parte de los estudiantes de nuevos significados.

Fundamentación teórica

La resolución de problemas es intrínsecamente creativa. Por ello es que no resulta trivial su tratamiento. Hay que ahondar desde la génesis del símbolo hasta los mecanismos de la comprensión de una situación física y de la conceptualización de lo real, o bien de lo abstracto.

Para Vergnaud (1977, 1983) “*problema* es todo lo que, de una forma u otra, implica por parte del sujeto la *construcción de una respuesta o de una acción que produce un efecto determinado.*” (92) El criterio decisivo –para este especialista– es la actividad y la acción en situación, o lo que los psicólogos denominan ‘la solución de problemas’ con un significado mucho más amplio que el que tiene esta expresión para físicos y matemáticos.

La teoría de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud³⁴ es una teoría psicológica de los conceptos (Vergnaud 1990:147), una teoría cognitivista del proceso de conceptualización de lo real, como él dice. Se trata de una teoría pragmática en el sentido que presupone que la adquisición de conocimientos es moldeada por situaciones, problemas y acciones del sujeto en esas circunstancias (Vergnaud 1994: 42). Es decir, que por medio de su resolución es que un concepto adquiere sentido para el alumno. Además es una teoría de la complejidad cognitiva, que contempla el desarrollo de situaciones progresivamente dominadas, de los conceptos y teoremas necesarios para operar eficientemente en esas situaciones y de las palabras y símbolos que pueden eficazmente representar esos conceptos y operaciones para el individuo, dependiendo de su nivel cognitivo (43).

Puede suceder que un sujeto ya disponga de los esquemas como para ofrecer una resolución inmediata, o que necesite inventarla³⁵, transitando por exploraciones, dudas, hipótesis, correcciones sucesivas, tanteos que lo conduzcan al éxito o al fracaso, etc. Ambos casos se explican para Vergnaud desde el funcionamiento de una organización esquemática. El primer caso se trata de un esquema ya construido; el segundo, de un esquema en construcción.

Para Vergnaud la noción de problema *comporta*, pues *la idea de novedad*, de algo nunca hecho, de algo aún no comprendido (de un desafío). Eso no significa, no obstante, que el sistema cognitivo con que el sujeto aborde el nuevo problema sea también nuevo, sino que por el contrario suele tratarse de un sistema antiguo, sólidamente apropiado (1977, 1983). Este concepto de problema permitiría incluir, por un lado, una enseñanza de la Física para todos, y por otro, una Física que busque más la significación.

Para Vergnaud “*transferir* presupone invariantes operatorias así como la diferenciación y la restricción” (1994: 54). Seguir en esa dirección significa que tenemos que trabajar más los significados desde las invariantes operatorias como centro de nuestra acción en el seno del aula. Es por eso que queremos avanzar en ese sentido.

Según el criterio pragmático de elaboración del conocimiento que subyace a la teoría de los campos conceptuales, los conceptos se forman en respuesta a problemas que los requieren como medios o recursos de solución. Para esta teoría los problemas, las tareas son uno de los componentes que le van a dar sentido a los conceptos. Es así como, “ (...) *la tesis subyacente a la TCC es que una buena puesta en escena didáctica se apoya necesariamente en el conocimiento de la dificultad relativa de las tareas cognitivas, de los obstáculos habitualmente encontrados, del repertorio de los procedimientos disponibles y de las representaciones posibles.*” (Vergnaud 1990: 157)

La investigación en Educación en Ciencias, tradicionalmente, ha identificado la resolución de problemas y la formación de conceptos como disociados y con status diferenciado; viendo a la resolución de problemas muchas veces como una nueva combinación de acciones y reglas que

³⁴ Una descripción de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud y de sus implicaciones para la investigación y la enseñanza de las ciencias puede consultarse en Moreira (2002). Dos trabajos nuestros se hallan estrechamente vinculados: Escudero, Moreira y Caballero 2003, 2004. Este último presentado también en este Congreso.

³⁵ Cuando se trata de situaciones en las que el alumno no necesariamente dispone de todas las competencias necesarias, la búsqueda de una solución obliga a un tiempo de reflexión y de exploración, para realizar inferencias específicas.

confían en el conocimiento ya formado y a la formación de conceptos como la emergencia de nuevas categorías, de nuevas formas de conceptualizar el mundo, nuevos objetos y nuevas propiedades de esos objetos.

Vergnaud (1987: 1), en cambio, piensa que considerar la resolución de problemas y la formación de conceptos de esta forma es desacertada, porque subestima dos cosas: la parte de representación simbólica y de conceptos presente en la resolución de problemas, por un lado; y la parte de resolución de problemas que comparece en la formación de conceptos, por otra.

Pero, estos dos elementos forman la misma cosa: *la conceptualización*. Aunque en palabras de Vergnaud (1985) “*las competencias `parezcan´ estar más vinculadas a la resolución de problemas y las concepciones a las expresiones verbales o escritas de los sujetos*”, esto no quiere decir que en la resolución de problemas no sean importantes las concepciones ni que en las expresiones verbales o escritas no hayan elementos de la resolución de problemas.

Para que se puedan contextualizar los análisis anteriores es importante advertir los formatos de las clases de resolución de problemas impartidas como un *objeto complejo*: la acción del profesor, la actuación de los estudiantes, el lenguaje, las situaciones, etc.

El procesamiento de la información trata o “recorta” a la resolución de problemas como un sistema descomponible³⁶ en términos de García (2000), mientras a nuestro entender Vergnaud aproxima más su tratamiento a una interpretación como sistema o subsistema no-descomponible o semi-descomponible³⁷.

“Complejidad” es, sin duda, un término de moda, y el número de obras de la más diversa índole está en constante aumento. La mayor parte de ellas se basa en el estudio de *sistemas dinámicos* representados por ecuaciones diferenciales no lineales. “Complejidad” se ha convertido en un término monopolizado por quienes, con el auxilio de poderosas computadoras, construyen modelos formales para analizar fenómenos que sean *formalizables*. Esta situación deja de lado la posibilidad de estudiar racionalmente muchos problemas que preocupan hondamente al mundo contemporáneo, de los cuales el más manido es, sin duda, el deterioro ambiental. Sin buscar discurrir en el análisis de la problemática de la complejidad, vamos a referirnos brevemente a lo que García (2000: 68) denomina “sistema complejo”, con una significación muy específica y que se relaciona con nuestros fines³⁸.

García utiliza el término sistema en un sentido preciso, caracterizándolo como una *representación* de un *recorte* de la realidad que sea *analizable* (aunque no sea, en general, *formalizabile*) como una *totalidad organizada*, en el sentido de tener un *funcionamiento* característico. Se entiende por funcionamiento un conjunto de actividades que puede realizar (permite realizar) el sistema, como resultante de la coordinación de las *funciones* que desempeñan sus partes constitutivas.

³⁶ Son conjuntos de elementos organizados, con funcionamiento característico, pero cuyas partes son aislables y pueden modificarse independientemente unas de otras. Un sistema descomponible muy sofisticado será calificado de “complicado”, pero no de “complejo”. (2000: 68)

³⁷ Son sistemas constituidos por *procesos* determinados por la confluencia de múltiples factores que interactúan de tal manera que no son aislables. En consecuencia, el sistema no puede ser adecuadamente descrito, ni su funcionamiento debidamente explicado, por mera adición de enfoques parciales provenientes de estudios independientes de cada uno de sus componentes. A estos sistemas cuyos elementos o subsistemas están interdefinidos les aplicamos el calificativo de “complejo”. (2000: 68)

³⁸ Una aproximación un tanto sintética que fundamenta la consideración del conocimiento como sistema complejo puede consultarse en la obra: *El conocimiento en construcción* de Rolando García (2000).

Si queremos intentar una indagación que apunte a los orígenes de la cuestión, la resolución de nuevas situaciones, la búsqueda de caminos que promuevan las competencias y concepciones requeridas a una persona escolarizada, puede conducir hacia la huella del discurso del aula, que se vislumbra como una alternativa atrayente. En el presente trabajo se intenta penetrar en la actuación de contextos instruccionales formales a través del estudio de encuentros verbales que tipifican las experiencias dentro de las aulas, pero en aquellas en las que se ha introducido una innovación didáctica.

Toda vez que se proponga intervenir en el aula para provocar una reacción, hemos de buscar ciertas condiciones que favorezcan el aprendizaje. Ya sabemos que toda condición será insuficiente si no existe la posibilidad de generar un clima de trabajo que al menos contemple los requisitos mínimos. Básicamente estamos interesados en comprender algunos mecanismos y procedimientos que el profesor va articulando para poder desarrollar los contenidos, sin descuidar la formación y afirmación de estructuras de pensamiento al perseguir que los participantes construyan los significados.

Hay prácticamente consenso en la comunidad de educación en ciencias sobre la función central que los problemas tienen en la formación de los estudiantes. Kuhn considera que al resolver problemas paradigmáticos, ellos aprenden a aplicar las versiones apropiadas a las leyes físicas (generalizaciones simbólicas) a contextos específicos, un proceso a través del cual los nuevos problemas pasan a ser encarados como casos análogos a aquellos ya encontrados previamente. Esta habilidad de percibir una variedad de situaciones bajo una misma "gestalt" es lo más importante que el alumno debe adquirir al trabajar con problemas ejemplares ya que, de esta forma su percepción, como su discurso y sus desempeños, van siendo moldeados según la manera de ver que le es peculiar a una determinada comunidad científica. (Zylberztajn 1998)

Sin embargo, este argumento se vuelve débil cuando de resolución de problemas en nivel medio se trata. *"Creemos que los primeros problemas que se resuelven y los primeros momentos dedicados a su resolución son cruciales y definitorios en el sentido de ayudar a comprometer a nuestros alumnos en una resolución significativa."* (Escudero y Moreira 1999: 63)

Este proceso de iniciación al paradigma funciona con algunos alumnos, que asimilan con más facilidad los patrones de solución y los transfieren en forma adecuada. Una cantidad considerable de estudiantes no consigue llegar a este estadio como tantas investigaciones han señalado. Se hace necesario, ampliar el ámbito y el carácter de las situaciones problemáticas acorde con los trazos delineados por Vergnaud. Se desea rescatar el potencial educativo de una resolución de problemas y ejercicios que busque la significación en ámbitos en que sean necesarias y que no se limiten al reconocimiento y a la reproducción. *"... la situación no es tan sólo el estado del ambiente, sino que contiene bastante de la selección de información relevante, debido a que el sujeto identifica algunos objetivos a ser alcanzados, algunas preguntas a ser respondidas y algunas actividades a ser desarrolladas."* (Vergnaud 1996: 114)

Diez guijarros no son diez a no ser que el sujeto los enumere. El sujeto no sólo extrae invariantes operatorias de las situaciones que enfrenta (en palabras de Greca y Moreira 2002), sino que *agrega* también. La abstracción reflexiva (constructo de origen piagetiano) juega un rol fundamental en la incorporación de la novedad. Es importante aquello que pueda ser percibido de la situación, pero también aquello que *se pone en juego y que se determina* al resolver³⁹. Es de suma trascendencia en la clase: instaurar diálogos con contenido, ir convenciendo y marcando con autoridad; entre otras posibilidades.

³⁹ Por ejemplo, se controlan resultados, unidades, estrategias, etc.

Elementos del marco metodológico de investigación

Para la sociolingüística interaccional la lengua es un constituyente más de la realidad socio-cultural, realidad que se construye, se mantiene y se transforma, en gran parte, por medio de las interacciones comunicativas en las que el uso del lenguaje desempeña un papel fundamental. Esto tiene consecuencias didácticas muy concretas, en esas implicaciones específicamente es que profundizaremos.

Fundamentalmente consideramos como foco de la investigación el proceso de significación. De ese modo, acordamos tanto con lingüistas como con educadores en ciencias (Berenguer 1994, 2001; Brandi et al. 2001 y Mortimer 2001) al afirmar que los significados son concebidos como polisémicos y polifónicos⁴⁰ creados en la interacción e internalizados por el individuo. Se ha utilizado principalmente como marco metodológico el análisis conversacional (Gumperz 1971; Gumperz y Berenz 1991; Goffman 1970) ya que permite un estudio privilegiado de los procesos comunicativos involucrados en el aula.

En particular, procedimos a un corte horizontal estudiando la significación en episodios de aula. Lo que ha implicado, centrarse en una situación de interacción social en función de un campo conceptual particular de la Física y del análisis de esos procesos.

Para el análisis y la interpretación del complejo mundo de la clase utilizamos algunos elementos del modelo propuesto por Brandi et al (2001) donde el tipo de estrategia lingüística utilizada especialmente por el docente cumple dos funciones generales: la de modelar el contenido traspuesto y la de crear un compromiso interaccional (“involvement”, en el sentido de Gumperz). Los dos tipos de estrategias detectados constituyen diferentes formas de trasponer el conocimiento y promueven estilos diferentes de participación de los alumnos en la construcción de tal conocimiento. Según estos autores el intercambio interrogatorio promueve el acto de la pregunta, mientras, el intercambio asertivo es generado por el acto expositivo. (70)

Uno de los intercambios que ha atravesado las clases registradas es el *interrogatorio*. Tiene por objeto enriquecer una determinada discusión con las contribuciones espontáneas de sus alumnos, encauzándolas y ofreciéndoles oportunidades de intercambio de experiencias. El profesor lo propone intentando considerar la resolución de situaciones problemáticas como fuente y criterio de conocimiento y gestionando (hacer pertinente) promover una relación de interioridad con el conocimiento al vincular lo personal y lo conceptual.

El intercambio predominante en las clases en las que se ha trabajado la innovación en resolución de problemas ha sido el *interrogatorio* donde por momentos prevalece una clara hegemonía de la pregunta con la cual el docente domina la interacción y la construcción del conocimiento (privilegiando alguno de sus sentidos). Se ha trabajado con consignas no necesariamente cerradas, pero sí estructuradas que han privilegiado las operaciones cognitivas de los alumnos, pero también sus formas predicativas. El contenido aparece moldeado verbalmente a través de actos lingüísticos interrogatorios –y asertivos– apoyados en estrategias lingüísticas creadoras de compromiso conversacional: la pregunta retórica, la polifonía. El discurso promueve la construcción de significaciones y sentidos a partir del marco comunicacional que incluye las interpretaciones e inferencias de los alumnos.

⁴⁰ *Polisémicos* –en el sentido de tener significados múltiples– y *polifónicos* –en el sentido de poder expresar diferentes “voces”. Este último rasgo permite inferir el carácter absoluto y unívoco o relativo y plural que se le otorga al conocimiento. Es decir, la presencia o ausencia de otras voces en el discurso pedagógico constituye un indicio del carácter que se le otorga al conocimiento erudito (Brandi et al 2001: 49)

Pero sobre todo un tipo particular que denominamos intercambio *interrogatorio de situaciones*. Es aquel intercambio donde se combinan vivaces situaciones en una secuencia con una dinámica propia de interacción en el aula como un hilo conductor o libreto del docente en un formato macro como explicitamos con detalle en otro trabajo (Escudero, Moreira y Caballero 2004).

La presentación en términos de hechos de la vida diaria es la que promueve una relación de interioridad con el conocimiento, la vinculación entre lo personal y lo conceptual. Es allí, en esa dimensión del contenido, donde aparece la “historia común” a través de experiencias de la “gente como uno” y a favor de la tesis de que los cursos de ciencias deben hacer capaces a los alumnos de leer el mundo, confrontándolo con aquel en el cual vivimos. No se trata, parafraseando a Fourez (2003) de quedar en “el mundo del estudiante”, adaptándose a él, sino de construir una enseñanza de las ciencias que se articule con este mundo y consiga analizarlo.

Nuestros datos se refieren a una clase de cuarenta alumnos de 4º año en un colegio estatal del gran San Juan en el ciclo lectivo 2000. Las edades de los estudiantes oscilan entre 15 y 17 años. La actividad de enseñanza propuesta se basa en los presupuestos planteados en la innovación didáctica en la enseñanza y el aprendizaje de la resolución de problemas. La situación central bajo análisis es: *“Averigüe qué unidades puede tener la aceleración (a partir de la definición).”*

Los fines de este diseño apuntan a la consolidación de algunos contenidos conceptuales, procedimentales y al ejercicio de la reflexión sobre el conocimiento. Sabemos que no alcanza. Siguiendo en la línea de trabajo inaugurada, se ha hecho hincapié además, en *“lo conveniente de establecer diferentes funciones en el discurso del profesor para asegurar que los alumnos sean acompañados en sus cambios – elaboración de conceptos, percepción y superación de contradicciones, entre otras –. Tanto, que nos parecen tan importantes como las actividades mismas.”* (González y Escudero 2003)

La propuesta implementada valora tanto problemas como ejercicios, ambos como mediadores en el discurso del aula, cada uno con su función en la apropiación del conocimiento y por tanto en la secuencia didáctica. Con respecto a la posición de la mediación en el campo educativo se supone que el énfasis tradicional puesto en la sustitución de conocimiento previo de los alumnos, debe abrir paso a un nuevo énfasis en diseñar cuidadosamente contextos de utilización.

Análisis y discusión de resultados en el proceso de enseñanza

Desde la primera clase el profesor plantea un modo sistemático de trabajo en el aula intentando construir conocimientos. Organiza el aula en función de tareas o actividades seleccionadas a sus fines que buscan la significación de conceptos claves para la conceptualización de la temática.

En esta sección vamos a penetrar más hondamente en el estudio de dos episodios de una clase enfocado primordialmente al papel jugado por el docente a la hora de movilizar una serie de competencias específicas en una más global: administrar energía y tiempo al instalar una situación a resolver durante la clase y al modo de participación del alumnado en la construcción del conocimiento. A continuación presentamos la actividad analizada “identificando” las principales formas de actuación.

La discusión se inicia como sigue.

(1)

En el aula se ha dictado la situación:

- 26 - P: “*Averigüe qué unidades puede tener la aceleración*” (Conversan, murmuran). A ver, algún indicio.
 27 - A₁: Decena y centena.
 28 - A₂: cm/s²
 29 - P: Podría ser una unidad ¿Cómo haríamos para deducirlas desde acá (Señala el pizarrón)... Cuando hicimos longitud sobre tiempo en velocidad.
 30 - A: Son los mismos pero...
 31 - P: ¿Son los mismos?
 32 - A₁: Si
 33 - A₂: Las unidades de velocidad son las mismas que las de cambio de velocidad.
 34 - P: Si, pero la aceleración ¿es un cambio de velocidad?
 35 - A: Si
 36 - P: A través del tiempo, ¿hay diferencia con las unidades de velocidad?
 37 - A: Si
 38 - P: *¿Cómo hacemos para encontrar las unidades? Ya lo hicimos alguna vez.*
 39 - A: ¿Cómo señora?
 40 - P: (Repite)
 41 - A: Llevamos “segundos” a “minutos” o “kilómetros” a “minutos”.
 42 - P: Lo que puedo hacer para ayudar es que se puede partir de la ecuación (La ecuación de aceleración ha quedado escrita en el pizarrón después de haber hecho un breve repaso a través de la actividad: “*Expresa esta relación mediante el uso de signos: $a = \frac{\text{cambio de velocidad}}{\text{intervalo de tiempo}}$ ”) ... ¿qué van a hacer?*
 43 - A: **Resolver.**
 44 - P: **Bueno, háganlo.**
 45 - A: ¡Queremos datos!
 46 - P: ¿Ud. quiere valores concretos de aceleración?... Si a usted le parece, dé valores y calcule.

Clase 25-09-00, 4º año.

En la secuencia de arriba observamos una especie de “forcejeo intelectual”: particularmente un alumno presenta una interesante petición –turno N° 45– en respuesta al esfuerzo demandado por la tarea que se está llevando a cabo en el aula. El intercambio que promueve este profesor con sus actos asertivos, también se orienta hacia la producción de una aserción común con el alumno, sin embargo presenta otras características. Vemos que el docente emite y provee una aserción completa y pone al alumno en situación de reconocerla (turnos 42 a 46). Frente a esta emisión el alumno puede adoptar distintas actitudes.

Antes de proseguir con este último punto detengámonos un poco más en la “situación” propuesta. La tarea planteada permite sacar a la luz por un lado –desde el lugar de las unidades– tanto la confusión “latente” aceleración-cambio de velocidad (turnos N° 33 y siguientes) como la asociación no pertinente de las unidades de una magnitud física con las cifras del numeral –turno N° 27– (la posición ocupada por el dígito en un número polidígito). Por otro, evidencia una importante limitación de algunos alumnos al resolver problemas de física: un trabajo pertinente con signos en el marco del sistema convencional y el alto nivel de problematicidad relativo de la misma⁴¹.

El profesor alternativamente demanda la concreción de la tarea y ofrece algunas orientaciones específicas buscando armonizar y aportar al esfuerzo requerido. La clase continúa y las peticiones de ayudan no cesan. La profesora recorre el aula aportando indicios en los distintos grupos de trabajo: turnos 29, 31, 34, 36, 38, 42, 46 en el intercambio (1) y turnos 50, 59, 66, 68, 71 en el intercambio (2).

⁴¹ Puede decirse, desde nuestra experiencia, que la resistencia a esta situación es una versión comparativamente similar a la ofrecida por los alumnos cuando se enfrentan a problemas “sin datos” numéricos, en el sentido de requerir un planteo y una solución literales. El trabajo con signos tampoco es trivial. El grado de abstracción relativo que requiere una tarea como ésta es alto.

(2)

49 - A: Señora, no me da una ayudita!

50 - P: (Se dirige a una alumna) Usted tiene que partir de lo conocido, ¿qué conoce de unidades?

(...)

59 - P: Las unidades que ponemos no vienen por arte de magia, salen de algún lado.

60 - A: Sería el tiempo en horas, la distancia en kilómetros.

61 - P: Sí (Va a sentarse).

62 - A₁: Señora. (Dos alumnas consultan entre sí sobre la actividad. Una le explica a la otra)63 - A₂: ¿Esto, está bien? (Se dirige a la profesora y pregunta, al mismo tiempo le explica a otra)

64 - P: Sí, bien.

65 - A: Señora, mire... ¿Así?

66 - P: Sí, así... El objetivo, es deducir las unidades de aceleración a partir de la expresión. (Consultan notas, se reúnen en torno a la profesora) ... A ver, uno de ustedes me hizo una observación muy importante. ¿Qué quiere lograr usted con esta actividad? Creo que lo omití ... Las vamos a deducir a partir de las unidades de velocidad y tiempo y algunos lo hicieron de manera bastante ingeniosa, cualquier camino los puede llevar a la solución de una situación problemática. ... Pase Chandra, escriba la ecuación ... No me cambie la aceleración. En física tienen que cuidar mucho el tema de los signos, porque pueden cambiar la magnitud.

67 - AE:
$$[a] = \frac{[v_f - v_o]}{[t_f - t_o]} = \frac{km/h}{h} = \frac{km}{h^2}$$

68 - P: ¿Es lo mismo trabajar con unidades que con valores concretos? No, ... hay diferencia. Voy a colocar corchetes... (inaudible) El corchete significa "unidad de" ... Cuiden el detalle del signo igual en el medio de la línea de fracción. ¿Puedo seguir operando?

69 - A₁: Sí70 - A₂: ¿Fracción de fracción?71 - P: **¿Son las únicas (las unidades)? ... No, podría haber usado metros y segundos entonces sería metros sobre segundo al cuadrado. Si han trabajado en metros, y en segundos, lo dejan como lo tienen.**

Clase 25-09-00, 4º año.

El alumno sabe que el docente conoce la respuesta y que puede ayudarlo a alcanzarla (turnos 49). Las rupturas se sitúan esencialmente en las características de las situaciones que propone a sus estudiantes. Es como que a través de las respuestas del profesor (*contra-devoluciones*) que los alumnos se doblegan a sus intenciones, pero también a la posibilidad que hay de recusar. *¿Es una lucha!*, suele decir con frecuencia el profesor al término de la clase.

Dado su importancia, vamos a aclarar un poco más este punto. La petición formulada (*¿Queremos datos!*) con forma de *devolución* ante la demanda de acción del docente, *rompe* con lo que parecía ser un acuerdo general basado en la incertidumbre, la duda, la ambigüedad; esto es, orientar el discurso hacia el reclamo de amparos.

Ya no es una aceptación, esta intervención puede interpretarse también, según la estructura preferencial, como un rechazo al turno anterior. Es interesante que, a pesar de la jerarquía escolar y la simetría de poder en el aula, en este caso el alumno no sólo devuelve la petición de la misma manera que lo hizo antes la profesora (*Bueno, háganlo*) para mostrar desacuerdo, sino que parece apropiarse del recurso discursivo, inicialmente utilizado por el profesor para demandar datos en nombre de todos los estudiantes y rechazar la versión previa, utilizándolo contra la demanda de acción del profesor.

En las aulas en las que hay posibilidad de recusar ante demandas de esta naturaleza (de ruptura) suele aparecer algún alumno al rescate. Se trataría de un fenómeno social en el aula. Mientras que en aulas de corte autoritario, no. El silencio y la ausencia mental son sus principales características. Este alumno esperaba, de algún modo, que ese hecho ocurriese (que se le proveyeran datos), entonces los demanda apropiándose de un recurso discursivo hasta entonces utilizado sólo por el docente. La *contra-devolución* no se hizo esperar y la enseñanza se transforma entonces en un campo de tensiones con cierto nivel de sistematización. La tarea se sigue realizando

en el aula. Notar lo que ha tenido que “remar” el docente para lograr los objetivos propuestos. A la altura del turno 66, la profesora comparte con la clase un reparo realizado por uno de ellos. Abre el juego, hace pasar a un estudiante al pizarrón para mostrar las posibilidades de uso de distintos caminos en el logro del mismo objetivo: la “deducción” de las unidades.

Este hecho puede interpretarse desde lo señalado por Vergnaud en su teoría de los campos conceptuales. Es importante que el alumno construya su experiencia enfrentando situaciones que en otros formatos (TV, internet, etc.) no tiene la posibilidad de hacer y que le permiten significar con la ayuda de otros, con la presencia y la participación del otro como parte y/o contraparte.

En este análisis se muestra el aula como un espacio de negociación en torno al contenido: profundización dialogada con situaciones. La construcción de acuerdos y los procedimientos para lograrlos son parte de la tarea de un docente.

Una manera de regular la comunicación en el aula es formular una demanda sobre la dificultad de comprensión encontrada. Estas peticiones suelen ayudar al profesor a ubicarse en el grado de dificultad de los alumnos y dan la oportunidad de atenderla específicamente. Notar que hubo anticipación y planificación al tener en cuenta algunas dificultades en el diseño de la situación y que el proceso (como mostramos) continúa llevándose a cabo.

Hay que destacar la importancia que tiene ayudar a los alumnos a captar lo que hay detrás de las reglas fijas. Sin embargo, la objeción efectuada por el alumno también ha tenido otra función: la de controlar al docente pidiéndole explicaciones sobre los fines de la tarea. La estrategia de la pregunta puede mostrar algunas variantes como acabamos de mostrar y se vincula con el lugar que ocupa el conocimiento en una asignatura, o bien en una institución, o hasta en una clase. De hecho, el profesor tiene que tener muy claros no sólo los contenidos a ser enseñados sino su traducción en objetivos de aprendizaje, como también cuidar la cara del otro y la propia, en el sentido dado por Gooffman (1970). El docente sigue “piloteando” la clase en busca de la concreción de la resolución de problemas en la disciplina (turnos 66 –final– , 68 y 71) mientras los estudiantes continúan la tarea en un ambiente de camaradería.

Los docentes sabemos lo difícil que es lograr que una tarea se convierta en “cosa de alumnos” a este nivel. El diseño de la clase –en general– ha buscado el significado para la noción de aceleración desde distintos ángulos: a través del trabajo con signos y su simbolización, luego la deducción de las unidades, y por último más cálculos que incrementen su significación⁴². Aquí sólo nos detuvimos en la parte central de la misma.

Conclusiones e implicaciones

El análisis del discurso en el aula es un medio alternativo y privilegiado para estudiar los procesos educativos cuando se intentan comprender los mecanismos y procedimientos con los que los participantes construyen los significados.

Para realizar elecciones didácticas adecuadas que mantengan al estudiante en la zona de desarrollo próximo y administren la tensión didáctica que se genera en el aula, argumentamos que el discurso del profesor cumple múltiples funciones al perturbar el medio con más de una señal intencional del contrato didáctico. Es de destacar, en este caso, lo que Brousseau (1986) denomina

⁴² Es importante notar que estas situaciones o similares nos han permitido identificar *conocimientos-en-acción* que constituyen parte de otro trabajo: Escudero, Moreira y Caballero (2003).

ruptura didáctica del contrato, caracterizada por la *devolución vs. contra-devolución*⁴³.

La devolución didáctica ocurre en el momento en que el profesor transfiere al alumno la responsabilidad del proceso de construcción del conocimiento. Sus elecciones didácticas involucran saberes que ya fueron presentados a los alumnos, pero también avanza en dirección de nuevas adquisiciones. En estas clases, el profesor no pospone el razonamiento, ni la reflexión sobre el conocimiento específico y general; como tampoco en las situaciones diseñadas para las evaluaciones. El estudiante sabe que el docente conoce la respuesta y que puede ayudarlo a alcanzarla. El profesor, además, tendrá que reconocer los límites de la devolución y aceptar la contra-devolución, lo que demandará un cambio de estrategia. Eso implica aceptar que el contrato es unilateral⁴⁴ y que no podrá explicar todo, pues de ese modo, como podría darse cuenta de la ruptura didáctica. La explicitación tiene un límite.

Dentro del cuadro complejo de la relación didáctica y de la imposibilidad del acceso del docente al tiempo largo de la psicogénesis de la adquisición del conocimiento, queda claro que es en el tiempo corto de la relación didáctica en el que el profesor podrá actuar más eficazmente. Se ha observado un modo sistemático de trabajo del profesor en el aula intentando construir aprendizajes. Las clases se han organizado en función de “situaciones seleccionadas” que buscan, entre otras cosas, la significación de conceptos y relaciones claves para la conceptualización de la temática en cuestión.

“En la perspectiva de una escuela más eficaz para todos, organizar y dirigir situaciones dejó de ser una manera al mismo tiempo banal y complicada de designar lo que hacen espontáneamente todos los profesores. Ese lenguaje acentúa la voluntad de concebir situaciones didácticas óptimas, inclusive y principalmente para los alumnos que no aprenden oyendo lecciones. Las situaciones así concebidas se distancian de los ejercicios clásicos, que apenas exigen la operacionalización de un procedimiento conocido. Permanecen útiles, pero ya no son más el inicio y el fin del trabajo en el aula, como tampoco el aula magistral, limitada a funciones precisas”. (Étienne y Lerouge 1997, citado en Perrenoud 2000).

Está claro que lo que hay detrás de la propuesta didáctica planteada es una premisa que podríamos calificar de simple: aprender no es solamente memorizar, ni incorporar informaciones, sino *reestructurar su sistema de significación del mundo*. Tal reestructuración no ocurre sin un importante trabajo cognitivo. Enganchándose en él, restableciendo un equilibrio roto, dominando mejor la realidad de manera simbólica y práctica.

La activación de antecesores es necesaria y debe ser orientada por el profesor (Moreira 2002). Nuevos esquemas no se pueden desarrollar sin nuevas y adecuadas invariantes operatorias. El lenguaje y los signos juegan un importante papel (Vergnaud 1998: 186).

La situación presentada ha sido diseñada en el marco de la innovación propuesta. Tiene un lugar en el proceso de enseñanza-aprendizaje y su utilización ha de estar sujeta a los fines educativos de la misma: una resolución de problemas más reflexiva como acabamos de analizar. Estas situaciones se caracterizan por un carácter abierto más extenso, flexible y diverso a diferencia de los conocidos problemas ejemplares en ciencias. Cuando se trata de enseñar física a “adolescentes” y “pre-adolescentes” la perspectiva necesariamente cambia.

⁴³ Esa estrategia caracteriza la confrontación entre los saberes y las reglas implícitas y explícitas del contrato y ubica, o reubica, al alumno en su ritmo de aprendizaje.

⁴⁴ Si bien el contrato es parcial o incompleto como interpretábamos y señalábamos en Escudero, González y García (1999) desde el análisis del discurso en aulas de resolución de problemas la bidireccionalidad en el habla es vital.

Otra conclusión importante es que este docente innovador maneja en el aula la heterogeneidad, haciendo intervenciones que tienen que ver con mantener una tensión que contenga las demandas de sus alumnos. Considera las devoluciones explicitando los objetivos de enseñanza y aprendizaje concibiendo y haciendo evolucionar dispositivos de diferenciación.

La re-instalación de la resolución de situaciones problemáticas de Física en la escuela debe ir de la mano de *“la idea de la Física como cultura amplia y como cultura práctica, así como la idea de una ciencia al servicio de la construcción de una visión del mundo y de las competencias humanas más generales”* (Menezes 2000).

Bibliografía

BERENGUER, J. A. (1994) *Estrategias del discurso conversacional: algunos casos de relato coloquial en catalán y español*. Tesis defendida en Universidad de Valencia. Publicada (2001) Tomo I y II. San Juan (Argentina), Publicaciones de FFHA, UNSJ.

BRANDI, L.; BERENGUER, J.; FILIPPA, N.; SCHIATINO, E.; BENÍTEZ, B. y MARTIN, M. (2001) Conocimiento escolar y cultura institucional. Editorial Fundación UNSJ (San Juan, Argentina).

CAMPANARIO, J. M. (2000) *“El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno de ciencias”*. Enseñanza de las Ciencias, 18 (3), pp. 369-380.

CAMPANARIO, J. M. (2001) *“Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales”*. Enseñanza de las Ciencias, 19 (3), pp. 351-364.

ESCUADERO, C. (1996) *“Los procedimientos en resolución de problemas de alumnos de tercer año: caracterización a través de entrevistas”*. Investigações em Ensino de Ciências. Brasil, Vol. 1 (3). Site: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>

ESCUADERO, C.; GONZÁLEZ, S. y GARCÍA, M. (1999) *“Resolución de problemas en el aula de Física: Un análisis de discurso de su enseñanza y aprendizaje en nivel medio”*. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre (Brasil), Vol 4, nº 3. Site: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>

ESCUADERO, C. y MOREIRA, M. A. (1999) *“La “V” epistemológica aplicada a algunos enfoques en resolución de problemas”*. Enseñanza de las Ciencias (España), 17 (1); pp. 61-68.

ESCUADERO, C.; MOREIRA, M. A. y CABALLERO, C. (2003) *“Teoremas y conceptos-en-acción en clases de Física introductoria en secundaria”*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (España), 2 (3). Site: <http://www.saum.vigo.es/reec>

ESCUADERO, C.; MOREIRA, M. A., CABALLERO, C. (2004) *“Diferenciación de nociones esenciales de cinemática de las traslaciones a través de situaciones problemáticas: análisis del discurso de alumnos y profesor en un aula de física de nivel medio”*. Revista Argentina de Física (En prensa), 1(1).

FOUREZ, G. (2003) *“Crise no ensino de ciencias”*. Investigações em Ensino de Ciências. Brasil, Vol. 8 (2). Site: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>

GARCÍA, R. (2000) El conocimiento en construcción. Gedisa editorial, Barcelona.

GONZÁLEZ, S. y ESCUDERO, C. (2003) *“Un estudio sobre el discurso del profesor de Física en clases de resolución de problemas”* II Encontro Internacional Lenguaje, Cultura y Cognición: reflexiones para la enseñanza. UFMG, Belo Horizonte (Brasil), 16-18 de julio.

- GOFFMAN, E. (1967) *Interaction Ritual: essays on face-to-face behavior*. New York, Anchor [Edición en castellano: *Ritual de la interacción*, Bs. As.: Tiempo Contemporáneo, 1970].
- GRECA, I. M. y MOREIRA, M. A. (2002) “*Além da detecção de modelos mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora*”. *Investigações em Ensino de Ciências*. Brasil, Vol. 7 (1). Site: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>
- GUMPERZ, J. (1971) *Language in social groups*. Standford, University Press.
- GUMPERZ, J. (1988) La sociolingüística interaccional en el estudio de la escolarización. En Cook-Gumperz, J. *La construcción social de la alfabetización* (pp. 61-84). Barcelona, Paidós.
- GUMPERZ, J. y BERENZ, N. (1991) Transcribing Conversational exchanges. En Edwards, J. A. y Lampert, M. D. (eds) *Transcribing and coding methods for language*.
- MOREIRA, M. A. (2002) “*A teoria dos campos conceituais de Vergnaud*”. *Investigações em Ensino de Ciências*. Brasil, Vol. 7 (1). Site: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>
- JOHNSON - LAIRD, P (1990) El ordenador y la mente. Introducción a la ciencia cognitiva. Barcelona, Paidós; p.407.
- MASSA, M.; ESCUDERO, C.; GONZÁLEZ, S. y GARCÍA, M. (2000) “*What does a teacher say in a solving problem class?*” International Conference on Physics Education, Barcelona (España), 27 agosto al 1 septiembre.
- MENEZES, L. C. (2000) Uma Física para o Novo Ensino Médio. Física na Escola. Revista Brasileira de Ensino de Física. (www.sbf.if.usp.br), 1 (1).
- MORTIMER, E. (2001) “*Interatividade e dialogia na pesquisa e no ensino de Ciências*”. III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Atibaia, SP (Brasil). Conferencia.
- PEDUZZI, L. O. Q. (1997) “*Sobre a resolução de problemas no ensino da física*”. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14 (3), 229-253.
- PERRENOUD, Ph. (2000) 10 Novas competencias para ensinar, Porto Alegre, Artmed editora.
- VERGNAUD, G. (1977) Actividad y conocimiento operatorio. En Coll, C. (1983) *Psicología genética y aprendizajes escolares* (pp. 91-104). Madrid, Siglo XXI.
- VERGNAUD, G. y DURAND, C. (1976) Estructuras aditivas y complejidad psicogenética. En Coll, C. (1983) *Psicología genética y aprendizajes escolares* (pp. 105-128). Madrid, Siglo XXI.
- VERGNAUD, G. (1982) A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. En Carpenter, T., Moser, J. & Romberg, T. (1982). *Addition and subtraction. A cognitive perspective* (pp. 39-59). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum..
- VERGNAUD, G. (1983). Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. *Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures, França, 26 de junho a 13 de julho.
- VERGNAUD, G. (1987) Problem solving and concept development in the learning of mathematics. E.A.R.L.I. Second Meeting. Tübingen.
- VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23): 133-170.
- VERGNAUD, G. (1993). Teoria dos campos conceituais. En Nasser, L. (Ed.) *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro*. (p. 1-26).
- VERGNAUD, G. (1994). Multiplicative conceptual field: what and why? En Guershon, H. and Confrey, J. (1994). (Eds.) *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics* (pp. 41-59). Albany, N.Y.: State University of New York Press.
- VERGNAUD, G. (1996). Algunas ideas fundamentales de Piaget en torno a la didáctica.

Perspectivas, 26(10): 195-207.

VERGNAUD, G. (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2): 167-181.

VYGOTSKY, L. S. (1977) *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires, La Pléyade.

ZYLBERZTAJN, A. (1998). “*Resolução de problemas: uma perspectiva kuhniiana*”. VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Florianópolis (Brasil), 26 al 30 de octubre.

Nota: Parcialmente financiado por CICIPCA (UNSJ, Argentina).