

LAS SITUACIONES DE UNA PROPUESTA DIDÁCTICA SOBRE LA INTERACCIÓN GRAVITATORIA

(Situations of a didactical proposal on gravitational interaction)

María Silvia Stipcich

Departamento de Formación Docente
Facultad de Ciencias Exactas. UNICEN
Pinto 399. 7000 - Tandil. Buenos Aires
sstipci@exa.unicen.edu.ar

Marco Antonio Moreira

Instituto de Física, UFRGS
Caixa Postal 15051- 91501-970 Porto Alegre, RS
moreira@if.ufrgs.br

Concesa Caballero Sahelices

Departamento de física. Facultad de Ciencia. UBU
Plaza Misael Bañuelos s/n. 09001 Burgos.España
concesa@ubu.es

Resumen

Desde hace más de dos décadas la investigación en enseñanza de la ciencia se viene ocupando de generar estrategias para acortar la brecha entre los conceptos que construyen los estudiantes y los que los científicos emplean para explicar determinados fenómenos. La manera en que los alumnos comprenden conceptos físicos es un tema que continúa requiriendo de estudios que permitan alcanzar mejores resultados. En este trabajo se estudia el diseño y las implicancias de la implementación de algunas situaciones que forman parte de una propuesta didáctica ejecutada con estudiantes de quince años de edad destinada a colaborar en la comprensión de la noción de interacción gravitatoria. El propósito de esta comunicación es poner en evidencia la relevancia que el constructo situación, entendiéndolo en términos de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, tiene para la investigación educativa. La función del mencionado constructo tiene implicancias tanto para el diseño y puesta en práctica de estrategias de aula cuanto para la profundización en investigaciones que tengan como propósito el estudio de los procesos de funcionamiento y desenvolvimiento cognitivo.

Palabras-clave: situaciones, interacción gravitatoria, campos conceptuales.

Abstract

Since two decades ago research in science education attempts to generate strategies to decrease the gap between concepts constructed by the students and concepts used by the scientists to explain certain phenomena. How students understand physical concepts is a subject that still needs more research studies to get better results. In this paper we describe the design and implications of the implementation of some situations which are part of a didactical proposal used by fifteen-year students designed to help them to grasp the meaning of the notion of gravitational interaction. The purpose of this paper is to show the relevance of the situation construct, as proposed in Vergnaud's conceptual fields theory, has for educational research. The role of the referred construct has implications for the design and the implementation of classroom strategies as well as for investigation aiming at the study of the cognitive functioning and cognitive development processes.

Keywords: situations, gravitational interaction, conceptual fields.

La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud

Es una teoría cognitivista que se propone desentrañar el modo en que se genera el conocimiento. El objetivo de la **teoría de los campos conceptuales** de Vergnaud es el de proporcionar un encuadre teórico a las investigaciones sobre actividades cognitivas complejas, en especial referidas a los aprendizajes científicos y técnicos. Se trata de una teoría psicológica del concepto o, mejor dicho, de la conceptualización del real, que permite estudiar las filiaciones y las rupturas entre los conocimientos desde el punto de vista conceptual. (Vergnaud, 1990, p. 133).

Uno de sus presupuestos básicos es que el conocimiento se constituye y se desenvuelve *en el tiempo, en interacción adaptativa* del individuo frente a las *situaciones* que experimenta. El funcionamiento cognitivo de un individuo (niño, adolescente o adulto), cuando se enfrenta a una cierta situación, tiene que ver con los conocimientos que ya dispone y con los aspectos nuevos que esos conocimientos incorporan por estar siendo empleados para abordar una situación diferente. Son esos nuevos aspectos los que colaboran en el desenvolvimiento de competencias más complejas. La teoría de Vergnaud busca colocar en el mismo foco esos dos aspectos: el funcionamiento y el desenvolvimiento cognitivo. (Franchi, 1999, p. 160).

¿Qué significa *en el tiempo*? Vergnaud argumenta que “*uno de los problemas de la psicología cognitiva es el de reconstruir los conocimientos implícitos en la acción*” (Vergnaud, 1996 b, p. 14). Para dar respuesta a ello, el autor se propone, en sus investigaciones, analizar la evolución de las concepciones y las prácticas de los individuos en diferentes situaciones. De este modo se ocupa de la psicogénesis a corto y a largo plazo. (Franchi, 1999, p.161)

La expresión *interacción adaptativa* proviene de la influencia notable que tienen las ideas de Piaget en la propuesta que hace Vergnaud. Piaget traslada la idea de evolución adaptativa de las especies al desarrollo del niño, particularmente al pensamiento del niño. “*...una evolución adaptativa de los conocimientos en el niño le permite proponerse como proyecto científico no sólo elaborar y acreditar la tesis según la cual los conocimientos actuales del sujeto proceden de la interacción entre su experiencia y sus conocimientos anteriores (la tesis interaccionista), sino también la que afirma que el conocimiento procede fundamentalmente de la acción sobre el mundo, puesto que es sobre todo mediante la acción como el sujeto pone a prueba sus conocimientos y los modifica (tesis operatoria)*”. (Vergnaud, 1996 a, p. 196)

Las *situaciones* a las que el sujeto se enfrenta no hay que entenderlas en el sentido de situaciones didácticas. Se trata más bien de tareas. Toda situación compleja puede ser analizada como una combinación de tareas de las que es importante conocer su naturaleza y las dificultades propias. (1990, p. 149). La dificultad de una tarea no es consecuencia del resultado de adicionar las dificultades de las subtareas que son parte de ella. Sin embargo el desempeño en cada subtarea afecta al desempeño global. (Vergnaud, 1990, p. 3)

"Se puede pensar en situación como un cierto complejo de objetos, propiedades y relaciones en un espacio y tiempo determinado, envolviendo al sujeto y a sus acciones". (Franchi, 1999, p.158).

En esta cita Franchi recrea la idea de situación asociada al sujeto que la enfrenta, actuando sobre ella, en unas determinadas condiciones espacio-temporales.

Vergnaud (1996 a, p. 117) identifica dos características básicas en relación con el sentido de las situaciones: *la historia y la variedad*. Es decir, en un cierto campo conceptual existe una gran variedad de situaciones y los alumnos conceptualizan en función de las situaciones que se les presentan y que progresivamente dominan. En particular, son de gran importancia las primeras

situaciones que se le presentan en relación con los conocimientos y procedimientos que nos interesa que aprendan. Sostiene Vergnaud que muchas de las concepciones de los estudiantes provienen de las primeras situaciones que han enfrentado y han dominado o han intentado modificar.

La Teoría de los Campos Conceptuales permite entonces, analizar cómo se organizan las ideas que los sujetos ya tienen conectadas unas con otras y de qué forma esto genera nuevos conceptos y representaciones a lo largo del tiempo. En estas afirmaciones se advierten los procesos antes mencionados de funcionamiento y desenvolvimiento cognitivo. El funcionamiento cognitivo (unas ideas o nociones, vinculadas a otras) se desenvuelve para hacer frente a una cierta situación tornándose (ese funcionamiento) más poderoso en tanto incorpora aspectos nuevos que le ofrece la situación. Es para destacar la relevancia asignada a los conocimientos previos que ya trae el sujeto para hacerle frente a los problemas que se le presentan. Estos problemas son tanto de índole práctica cuanto teórica. (Vergnaud, 1994, p. 42).

Es una teoría que se ocupa del conocimiento y de cómo se produce ese conocimiento cognitivamente y las respuestas a ello hay que buscarlas en lo que las personas hacen y en la manera en que organizan su conocimiento. "*La teoría de los campos conceptuales supone que el alma del desenvolvimiento cognitivo es la conceptualización*". (Vergnaud, 1996 a, p. 118, 1998, p. 173) Las consideraciones previas ponen de relieve que la base para el desarrollo cognitivo es la conceptualización de donde deriva la importancia atribuida al contenido.

Vergnaud reconoce que ha conformado su propuesta, incorporando aportaciones de Piaget, de quien es su discípulo, y de Vigotsky.

De Piaget recupera, además de la noción de que el conocimiento es adaptativo que ya se ha comentado más arriba, el concepto de esquema. Se trata de una idea muy potente, que sintetiza la manera en que un sujeto puede representarse una acción haciendo uso de alguna forma de lenguaje. El concepto de esquema es la bisagra entre la representación (que se asume en alguna forma de lenguaje) y la acción.

Esta propuesta supera a la piagetiana en dos aspectos notables:

- a) El sujeto de Vergnaud es un "*sujeto en situación*". Son las situaciones las que constituyen el campo de entrada a un determinado campo conceptual. Es a partir de ellas que podrán estudiarse los procesos de funcionamiento y desenvolvimiento cognitivo.
- b) Se hace referencia explícita al contenido del conocimiento y se preocupa por analizar el dominio conceptual de ese conocimiento. (Franchi, 1999, p. 160). Vergnaud no acuerda con el desarrollo de las "capacidades generales de los sujetos". Por el contrario, considera que solamente conociendo ciertas especificidades de un dominio conceptual se estará en condiciones de proponer situaciones para colaborar en la conceptualización de los individuos.

En cuanto a los aportes vigotskianos, se advierte en el planteo un énfasis tanto en el dominio de simbolismos y el lenguaje, como en el rol del docente, como el mediador por excelencia cuya función específica es la de proporcionar las situaciones más oportunas para que los estudiantes puedan poner en juego sus esquemas en la zona de desarrollo próximo. (Vergnaud, 1998, p. 181).

Luego, hay que asumir que son las situaciones las responsables por el sentido que es atribuido a un cierto concepto. (Barais & Vergnaud, 1990, p.70). No obstante, debe quedar claro que el sentido no está ni en las situaciones ni en el concepto sino en la relación que el sujeto establece con esa situación. Claro que esa relación que el sujeto establece al ser enfrentado a una situación está mediada de esquemas. Serán, entonces, los invariantes operacionales contenidos en

los esquemas del sujeto, los responsables por el sentido atribuido a la situación⁹. Pero como ya se anticipó, cada dominio conceptual puede abordarse por infinidad de situaciones, de manera que el sentido de un cierto concepto resulta de los diferentes esquemas que el sujeto es capaz de desenvolver frente a una variedad de situaciones en las cuales ese concepto participa.

Asimismo una situación particular, no evoca en el individuo todos los esquemas que dispone en relación con ese concepto específico.

En las situaciones de aula, en las cuales, para esta investigación, interesa analizar la conceptualización sobre la interacción a partir de una propuesta didáctica, puede reconocerse un esquema para los diferentes componentes de una situación como el siguiente:

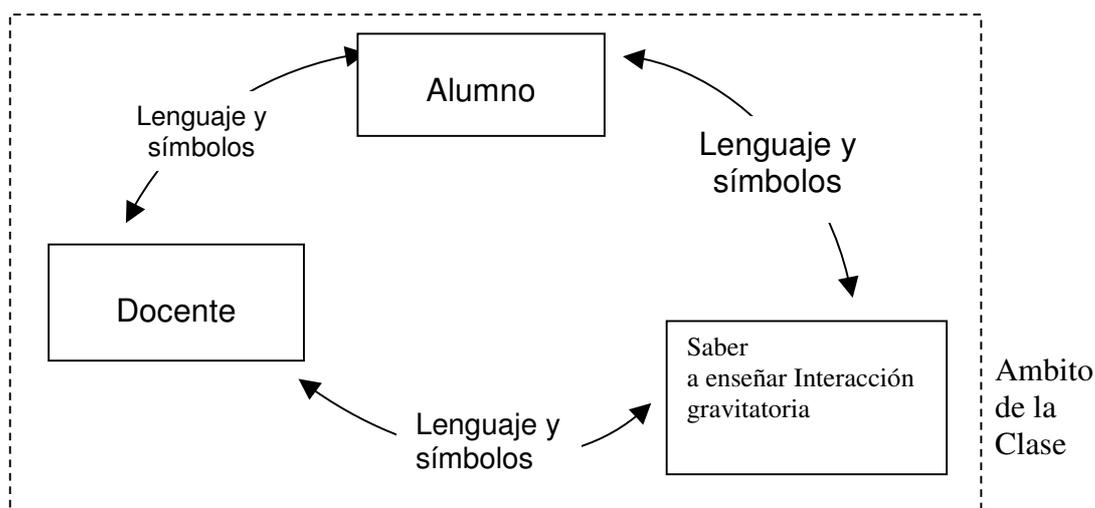


Figura 1: Esquema que vincula los componentes de una situación de aula

Es importante hacer observaciones respecto de algunos conceptos que cumplen funciones tanto en el plano psicológico cuanto en el didáctico ya que no necesariamente la función es la misma, cosa que no siempre resulta clara. Tal es el caso del concepto de situación. En el plano psicológico, una situación ha sido definida antes en términos de Vergnaud y de Franchi como un constructo que intenta dar cuenta de las relaciones que un sujeto pone en juego cuando se enfrenta a determinados objetos en un espacio y tiempo definidos. Asimismo se ha destacado que esta situación no hay que entenderla en términos de una situación didáctica. No obstante cuando Vergnaud (1998, p. 180) se refiere al rol del profesor sostiene que el acto de mediación del docente consiste en proveer al estudiante de las situaciones más productivas. Esto pone de relieve no solamente el importante rol del docente, en cuanto "proveedor" de instancias para desenvolver la conceptualización, sino también de aquello que el docente haga en esa situación. Específicamente, las intervenciones que el docente decida hacer o de las instancias en las que opte por "dejar aspectos de lado" son también condicionantes del sentido que el alumno asignará a esa situación. De allí su carácter dinámico.

En esta investigación la noción de situación se asume en un sentido amplio, formando parte del evento didáctico e involucrando componentes psicológicos. Por evento didáctico se entiende un "recorte" de la clase, una delimitación en el espacio y el tiempo, en el cual estudiantes y docente se

⁹ Vergnaud reconoce que cuatro elementos conforman un esquema: las finalidades y anticipaciones, los invariantes operacionales, las reglas de acción y las inferencias.

Invariantes operacionales: son los conocimientos que están contenidos en los esquemas. Hay dos grandes clases de invariantes, los teoremas-en-acto y los conceptos-en-acto. Los teoremas en acto son proposiciones tenidas como verdaderas sobre el real, los conceptos en acto, por su parte, son los predicados, las categorías llamadas a ser relevantes para la situación que se presenta.

abocan a una cierta actividad diseñada, sobre la base de estudios previos y con un propósito definido. Esa actividad que puede estar presentada en lenguaje escrito u oral (un problema o una pregunta) es solamente la intención (escrita u oral) de lo que será la situación. La situación involucra tanto a las acciones que los estudiantes llevan a cabo para hacerle frente cuanto a las intervenciones que el docente realiza, de manera deliberada para colaborar en la conceptualización. La situación, en esta investigación, es aquello que el docente y el estudiante hacen sobre la actividad en un determinado momento de la clase. Como el interés está puesto en la conceptualización que los estudiantes hagan sobre la noción de interacción, el foco del análisis se realiza sobre indicadores de la acción de los estudiantes, pero eso no significa ignorar la intervención del docente. La situación tiene una importante función dentro de la investigación educativa ya que no es ni más ni menos que el espacio en el que se recrean las condiciones de aprendizaje y de enseñanza sobre la base de un cierto plan prefijado. Nótese que se está asumiendo a la situación como un constructo para el proceso de investigación educativa, de manera similar a como un psicólogo haría con los procesos que recrea un paciente.

Según Vergnaud (1990, p. 50) los procesos cognitivos y las respuestas de los sujetos son función de las situaciones con las cuales se enfrenta. Por tanto, la situación es, en sí misma, dinámica. Las palabras, expresiones, gestos que los docentes emplean para referirse al alumnado, accionan el desenvolvimiento de unos ciertos esquemas y no de otros. A su vez, las respuestas de los estudiantes frente a un determinado tema, llevan al docente a realizar determinadas intervenciones en pos del objetivo prefijado. En este proceso de mediación por parte del docente el lenguaje tiene un papel relevante y en términos de las aspiraciones dentro de una institución educativa, la situación se convierte en el espacio posible de generar aprendizaje significativo. En esas situaciones el lenguaje y los símbolos ocupan un lugar de relevancia. Los profesores usan palabras y oraciones para explicar, hacer preguntas, seleccionar información. Hay mucha información en gestos y expresiones faciales. Pasar desde los invariantes operacionales que pudieran poner en juego los estudiantes para afrontar las situaciones, a palabras y a textos no es simple. Ante todo, se requiere de la práctica del lenguaje natural. Además los sistemas lingüísticos y semióticos no se caracterizan por representar lo que cada individuo tiene en mente, se sabe que hay huecos importantes entre lo que es representado en la mente individual y el significado usual de las palabras (Vergnaud 1998, p.177). Luego, la cuestión del simbolismo es de sumo interés en la conformación de los esquemas.

De manera análoga, el lenguaje y los símbolos también desempeñan una doble función. Por una parte, son los mediadores en el proceso de conceptualización y por otra, son los indicadores que en esta investigación (las expresiones orales y las producciones escritas), permitirán dar cuenta de esa conceptualización. Al igual que en el caso del concepto de situación las dos funciones son inseparables.

Referenciales metodológicos

El motivo que orienta a esta investigación a encuadrarse en la línea de tipo etnográfico es que se intentan investigar las acciones y relaciones que configuran la experiencia escolar de un grupo de estudiantes cuando el tema en estudio son las interacciones gravitatorias para el cual se ofrecen un grupo de situaciones especialmente diseñadas.

Estudiar las acciones y relaciones que se suceden en la experiencia escolar en el propio contexto en el que acontecen (el aula) es una manera de estudiar la cultura de esa aula. Para ello se

opta por asistir a cada una de las clases en la que se desarrolla la propuesta didáctica en carácter de observador participante.¹⁰

En el caso de esta investigación, la observación participante se ha desarrollado con las siguientes consideraciones:

- El investigador es docente de la institución donde se desarrolla la propuesta.
- Los estudiantes que se involucran en la propuesta están informados de la presencia de este investigador en calidad de *observador del desarrollo de las clases de Física* en el tema interacciones gravitatorias. También son conocedores de que no se intervendrá ni en las participaciones del docente ni en las de los alumnos.
- La profesora a cargo de las clases de Física es una colega con la que se viene trabajando, desde hace tres años en diferentes tópicos vinculados a la enseñanza de la Física. De hecho, fue ella la informante clave al momento de determinar los conocimientos previos de los estudiantes, algunas posibles respuestas frente a las actividades que conforman la propuesta, etc.
- Los estudiantes que participan de la propuesta no han sido hasta esta fecha, alumnos del investigador. El vínculo estudiante/investigador es el propio de un estudiante y un docente que no es su profesor pero dicta clases en el Colegio al cual él asiste.

Hay que apuntar además, que los estudiantes dieron su autorización para la reproducción de las discusiones orales sostenidas y los trabajos escritos elaborados durante las clases observadas.

Buscar comprender la forma en que los estudiantes estarían asignando significados a partir de la observación participante que se ha comentado antes, determina la necesidad de registrar las interpretaciones que los alumnos hacen. Estas interpretaciones que involucran los estados internos de los sujetos, pueden inferirse a partir de la mediación del lenguaje en las diferentes participaciones que llevan a cabo en las clases. Luego, se opta por registrar el audio de los discursos orales sostenidos durante las clases a la vez que algunas producciones escritas elaboradas individualmente.

El discurso se entiende aquí como la significación inherente a toda organización social. Es decir, toda práctica social, es significada de alguna manera cuando los agentes sociales se apropian de ella (Edwards y Potter, 1992). Luego, las prácticas educativas, en tanto prácticas sociales son también discursivas. El lenguaje en su carácter de sistema semiótico constituye una realización del contexto social (que es en sí, a su vez, otro sistema semiótico). Hay una interacción mutua entre ambos, opuesta a cualquier noción unilateral de causa-efecto. Esta caracterización responde a un modelo de discurso sistémico y funcional (Halliday et. al, 1993). Este modelo permite enfocar el discurso en el aula desde dos perspectivas complementarias: la de las representaciones externas de los sujetos en tanto instrumentos que vehiculizan, en parte las representaciones internas y la perspectiva del contexto social en que se desenvuelve ese discurso.

Una primera aproximación a los datos consiste en la lectura sostenida de cada una de las transcripciones textuales de las clases observadas¹¹.

Estas transcripciones se presentan numeradas correlativamente asignando un número a cada una de las intervenciones que se registran en el discurso mantenido. Cada una de estas intervenciones recibe el nombre de *turno de habla*.

¹⁰ El investigador hizo la entrada al aula dos semanas antes del comienzo de la propuesta didáctica para disminuir los efectos que podrían provocar la presencia de un miembro externo a la comunidad del curso seleccionado y, a la vez, comenzar a identificar los patrones de actuación de los miembros del grupo.

¹¹ Las transcripciones de las desgrabaciones de las clases observadas constituyen la primera transformación de los registros de audio del discurso mantenido en las clases observadas.

Teniendo presente que el analista ha observado todas y cada una de las clases que se tienen desgrabadas las primeras lecturas se constituyen en una nueva mirada de los episodios en que ha participado.

La segunda etapa consiste en la reducción de los datos a modos más manipulables para los fines del análisis. Se procede segmentando la clase en episodios. El criterio empleado para determinar el alcance de cada episodio es temático/procedimental. Cada uno de los episodios, ahora subunidades del análisis, queda determinado cuando se hace evidente el cambio a un nuevo tema ó actividad en el discurso de la clase. De esta manera, el número de episodios y, consecuentemente, el número de turnos de habla de cada episodio, varía clase a clase.

La etapa siguiente consiste en la **identificación y clasificación** de determinados componentes temáticos que permitan reunirlos en una u otra categoría de contenido (Rodríguez Gómez et. al, op.citp.). Esta etapa, conocida comúnmente como categorización, se realiza de manera conjunta con la codificación, se trata de una operación concreta según la cual se le asigna a cada elemento de una categoría un código propio para reconocerla.

El proceso seguido en la elaboración de las categorías para los fines de la investigación debería recuperar el modo en que las palabras dichas en la clase afectan a los resultados del aprendizaje. Es decir, buscará describir cómo es que ese discurso observable en el aula (*observable* en tanto que se ha registrado en audio y es susceptible de análisis) afecta el inobservable proceso mental que atraviesan los participantes y con esto a la naturaleza de todos los procesos que acontecen en la clase. Se trata de proponer categorías para las conocidas relaciones entre pensamiento y lenguaje. El pasaje del pensamiento como producto al pensamiento como proceso, y del lenguaje como sistema simbólico al habla como utilización del lenguaje en la interacción social (Cazden, 1991), demanda la clarificación de los indicadores que darán cuenta de este "salto", a la luz de los referenciales adoptados.

Por cuestiones vinculadas al recorte que aquí se comunica no se profundizará en el detalle de las categorías derivadas del análisis de cada uno de los discursos de las clases dado que el propósito no está en describir cuál es el grado de conceptualización alcanzado por los estudiantes. En particular se transcribirán algunos segmentos discursivos buscando dar cuenta de la potencialidad que ellos envuelven como indicadores de la acción de los sujetos sobre las situaciones. Estas transcripciones permiten llevar a cabo una doble mirada, la de la participación de los sujetos en la situación y también, en relación con ello, derivar implicaciones sobre el alcance de cada situación para ese grupo de estudiantes.

Consideraciones acerca de la propuesta didáctica

Dado que el referencial teórico escogido pone de relieve que el conocimiento se construye por interacción adaptativa del sujeto frente a las situaciones, en este apartado se exponen consideraciones propias del ambiente en que la propuesta se lleva a cabo que colaboran para que el investigador pueda lograr una representación más acabada de las características del ámbito en que los estudiantes se encuentran involucrados y con ello, delimitar elementos propios del planeamiento de las clases como son los objetivos y los contenidos a desarrollar.

I El ámbito donde se desarrolla la propuesta

La propuesta se desarrolla con estudiantes de un primer año de polimodal¹² con orientación en Ciencias Naturales del Colegio de la Sierra. Se trata de uno de los colegios privados de la ciudad

¹² El nivel Polimodal es el último estrato de la educación preuniversitaria, dura tres años, admite diferentes modalidades (ciencias sociales, administración y gestión, ciencias naturales, etc.) y los estudiantes que nuclea tienen edades que

de Tandil, que puede catalogarse como de joven trayectoria en cuanto al nivel preuniversitario ya que este año está concluyendo la educación formal de la cuarta promoción de alumnos. Los estudiantes que allí concurren tienen un nivel socioeconómico de clase media-alta.

En el presente año lectivo, cursan primer año 18 alumnos con edades que oscilan entre los 14 y 15 años. En el grupo no hay alumnos repetidores y la mayoría de ellos vienen formando parte del mismo grupo desde los niveles iniciales de la educación formal dentro de la misma institución. El rendimiento en materias de esta área oscila en alrededor de un 50 % de aprobados. La mayoría de los estudiantes que concurren a este establecimiento educativo piensan continuar estudios superiores, fundamentalmente universitarios.

II Los conocimientos previos

En el noveno año de la E.G.B¹³, estos estudiantes han trabajado con temas de Física formando parte del área Ciencias Naturales. Entre los contenidos desarrollados y que son de interés para esta propuesta, se pueden mencionar los siguientes:

Características del conocimiento científico. El modo de producción del conocimiento que forma parte de la Física.

Sistema físico. Noción de fuerza entre dos o más elementos. La fuerza como causal de deformaciones ó cambios en el movimiento. (Modificación del valor del módulo de la velocidad o de su dirección). La fuerza representada mediante un vector. Unidades en que se expresa la fuerza.

Noción de velocidad constante. Noción de aceleración como consecuencia de una resultante de fuerzas diferente de cero.

La fuerza peso como la atracción que provoca la Tierra. Alusión a la noción de gravedad.

Distinción entre peso y masa.

En relación con los contenidos matemáticos se pueden mencionar:

Proporcionalidad directa e inversa: cálculos y gráficos.

Notación científica.

III La dinámica de las clases

El docente convocado para llevar adelante esta propuesta es Profesor en Matemática y Física, egresado de la Universidad Nacional del Centro de la ciudad de Tandil, con una antigüedad de cinco años en la docencia. Es el segundo año consecutivo que trabaja con este grupo de alumnos y el cuarto que pertenece al personal del Colegio donde se desarrollará la misma. Se desenvuelve dictando las asignaturas Física y Matemática en algunos cursos de E.G.B. y en algunos de nivel Polimodal.

oscilan entre los 15 y los 18 años. En nuestro caso cuando nos referimos al nivel polimodal estamos admitiendo que la modalidad del mismo es ciencias naturales.

¹³ E.G.B. es la sigla con la que se alude a la Enseñanza General Básica que, en Argentina tiene 9 años de duración repartidos en tres ciclos de tres años cada uno.

Se trata de un Profesor que da muestras de estar comprometido con el aprendizaje de sus alumnos participando activamente de tareas de capacitación, asistiendo a reuniones con colegas que dictan materias afines en la misma institución a los efectos de coordinar contenidos, discutir prioridades y evaluar sus propios resultados en comparación con el resto de los docentes del área. Se muestra interesado en participar de esta investigación como docente a cargo del dictado de la propuesta didáctica. Una vez que acepta su colaboración y previo al desarrollo de este tema, se pautan encuentros semanales donde se discuten los alcances de las distintas actividades propuestas, las posibles vinculaciones con otros temas ya desarrollados, etc.

El clima en el cual se desarrollan las clases es distendido. Alumnos y docente se tutean y se refieren unos a otros por el nombre de pila. El docente manifiesta sentirse muy a gusto con el grupo ya que todos trabajan con entusiasmo y dedicación buscando encontrar siempre una última respuesta a las cuestiones que se plantean para el debate.

La presencia continuada en las clases permite afirmar que los estudiantes también se sienten muy cómodos en esas clases de Física, preguntado, colaborando entre sí para que unos y otros puedan avanzar en las discusiones que se presentan.

El docente comienza, habitualmente, presentado alguna actividad para discutir entre todos los miembros de la clase. Luego del debate los estudiantes toman nota acerca de esa cuestión y así se prosigue. La mayoría de los alumnos dispone del texto Física Conceptual de Paul Hewitt, que ya emplean desde el año anterior. Este es el motivo por el cual, si no toman notas pormenorizadas, son capaces de "seguir" el desarrollo de los debates con el auxilio del libro.

IV Propósitos

Entre los propósitos de carácter más general pueden enunciarse:

- Comprender los conceptos, leyes, teorías y modelos más generales que permitan alcanzar una visión abarcadora de la Física.
- Analizar críticamente hipótesis y teorías alternativas para dar respuesta a un mismo problema.
- Valorar la importancia histórica de determinados modelos para la interpretación de ciertos fenómenos.

De carácter más específico:

- Reconocer las limitaciones del empleo del modelo de acción a distancia respecto de la noción de campo de fuerzas.
- Identificar las diferentes circunstancias bajo las cuales es posible reconocer la interacción gravitatoria,
- Identificar las variables que participan en la interacción y su influencia en la intensidad de la fuerza de atracción.

V Contenidos

Bloque temático: Interacción gravitatoria

El problema a resolver: ¿Por qué se mueven los planetas? Antecedentes históricos. Los aportes de Newton al problema. El proceso de investigación que deriva en el enunciado de la teoría de la gravitación universal. La expresión algebraica de la fuerza gravitatoria. Predicciones a partir del enunciado de la ley. Su campo de aplicabilidad.

La fuerza gravitatoria y el resto de las fuerzas en la naturaleza.

El problema de determinar el origen de la fuerza: modelo de acción a distancia y modelo de campo de fuerzas. Las limitaciones en el empleo de una u otra alternativa.

Determinación del valor de la aceleración de la gravedad. La representación del campo gravitatorio.

Las interacciones y las fuerzas.

Ejemplo de actividades que forman parte de la propuesta

Ejemplo 1

Algunas de las primeras ideas que circulaban intentando dar respuesta a la cuestión de ¿por qué giran los planetas? eran las siguientes:

- Oresme, un obispo que participaba de las discusiones sobre el problema, sostenía que si existieran otros “mundos” en el universo, la materia situada cerca de ellos sería atraída hacia su centro.
- Kepler, un matemático de aquella época, imaginó a los planetas impulsados en órbitas a causa de un arrastre provocado por una fuerza solar.
- Galileo (el primero en hacer ciencia en los términos que hoy la concebimos) llega a la conclusión de que si algo se mueve, sin que nada lo toque ni lo perturbe, se seguirá moviendo indefinidamente en línea recta y siempre a la misma velocidad.
- Otra propuesta sostenía que los planetas giraban porque detrás de ellos iban ángeles batiendo sus alas e impulsando el planeta hacia delante.

a) ¿Cuál de las ideas que se acaban de enunciar te resulta más aceptable? ¿Por qué?

b) ¿Se te ocurren otras posibilidades para el motivo del movimiento de los planetas? Explícala.

La actividad tiene la pretensión de introducir a los estudiantes en el análisis de un problema mediante la formulación de algunas hipótesis. Se entiende que tales enunciados podrán ser analizados críticamente a la luz de los contenidos previos que disponen y avanzar en relación con el tema en cuestión.

Según los resultados del trabajo realizado previamente, se espera que los estudiantes puedan admitir que de las proposiciones antes presentadas tanto la de Oresme como la de Kepler (con ayuda de los resultados de Galileo) podrían ser plausibles y no resultaría sorprendente que enunciaran la presencia de una fuerza como el causal del movimiento aunque esto no signifique comprender de dónde proviene esa fuerza.

Allí es donde se hace necesaria la intervención del docente, indicando que ésa fue, precisamente la aportación que hizo Newton a los enunciados presentados por Galileo.

Ejemplo 2

Si todos los planetas se empujan entre sí y “tironean” unos de otros no es contradictorio decir que la fuerza que controla el movimiento de cada uno de ellos está en el Sol?

Otra pregunta más, si existe una fuerza de atracción entre todos los objetos ¿cómo es que nosotros no nos vemos atraídos hacia los edificios que nos rodean?

No parece difícil admitir que los estudiantes colocarán el hecho de que el Sol es mucho “más pesado” o tiene más masa y es allí donde reside la respuesta a que la fuerza sea dirigida hacia el Sol¹⁴. De manera análoga para nosotros, la Tierra tiene mucha más masa que cualquier edificio y esto explicará que sea fundamentalmente la atracción hacia ella la que se pone de manifiesto en las personas. Será esta una ocasión propicia para plantear la hipótesis de que la masa es una variable que participa del valor de esa fuerza.

Ejemplo 3

¿Cuáles de las siguientes magnitudes podrían ser descritas como campos?

- a) La temperatura del aire en una habitación.
- b) La velocidad del agua en una corriente.
- c) La altura de los estudiantes que se encuentran en el aula.
- d) El nivel de concentración de los alumnos para estudiar un cierto tema de Física.
- e) El aroma a una comida en el ambiente que la misma está siendo cocinada.

¿Puedes identificar un factor que te permita decidir cuándo es posible asociar un campo y cuándo no?

La actividad tiene dos propósitos: 1) reconocer situaciones a las cuales sería posible asociarles un campo. (a, b y e) y 2) concluir que la presencia de un campo no implica, necesariamente la presencia de la fuente que lo genera. Esto es, el campo es una propiedad del espacio y puede hablarse de él sin necesidad de la presencia física que ha dado lugar al mismo. En las situaciones c) y d) no es posible asociar un campo ya que la altura y el nivel de concentración son características propias de cada sujeto que no pueden propagarse al espacio en que están inmersos.

Las situaciones

Como se ha discutido más arriba las situaciones se entienden aquí como aquello que el docente y el estudiante hacen sobre la actividad en un determinado momento de la clase. Asumirlas de esta manera determina que el análisis de una situación contemple eventos de clase donde las actividades antes descritas se han puesto en juego. El discurso sostenido durante las situaciones constituye el medio que permite realizar el estudio de la misma.

A continuación se transcribe un fragmento de los discursos sostenidos en la clase donde se pone en juego la actividad propuesta en el ejemplo 3.

Comienzan a discutir cómo son las respuestas a la actividad de identificar cuáles magnitudes son campos y cuáles no.

1. A: Emmm. Velocidad del agua en una corriente.
2. D: ¿por qué asociás eso a campo?
3. A: Porque para que haya velocidad tiene que haber una corriente.
4. D: Y acá cuando hablamos de campo en qué pensás que se mueve?
5. A: ...
6. A: La masa de prueba.
7. D: ¿Habría algo más que se mueve?

¹⁴ Si no fuera un tema tratado con anterioridad se convendría que la *masa es una propiedad de los objetos* que determina cómo cambia su velocidad cuando interactúa con otros cuerpos. Es independiente de la interacción a la cual se somete y de los otros cuerpos con los que interactúa.

8. A:
9. D: Bueno, lo dejamos por ahora. ¿Qué otro pusiste?
10. A: La altura de los estudiantes.
11. A: No esa no.
12. D: ¿Cómo definimos campo?
13. A: Como una propiedad del espacio.
14. D: la altura de los estudiantes es una propiedad del espacio?
15. A: No.

En este primer tramo de la discusión el docente (D) interviene en los turnos de habla 2 y 7 intentando que los alumnos (A) avancen en la discusión. Advierte que esto no es posible e interviene nuevamente, ahora suspendiendo momentáneamente un aspecto de la actividad (turno de habla 9). La discusión se reinicia con dos respuestas contradictorias. Mientras un estudiante admite que la altura de los estudiantes es un campo, otro lo niega (turnos 10 y 11). Si bien la respuesta no es acabada en el sentido de justificar porqué la altura de los estudiantes no es un campo, al menos, se perfila para reconocerla como una variable que no tiene un campo asociado. (turno de habla 15)

16. A: La temperatura no es porque no tiene masa.
17. D: Vos estás pensando en un campo gravitatorio. La pregunta apunta a si esto tiene que ver con alguna propiedad del espacio. Cada una de estas que están enunciadas acá. Si pensamos que el campo tiene que ser una propiedad del espacio. Pero puede haber otros campos aunque no sean gravitatorios. Si es una propiedad del espacio ¿qué es lo que cambia en el espacio?
18. A: la altura.
19. A: la distancia.
20. D: Bueno, yo podría decir que cambia en todos los puntos?
21. A: Sí.
22. D: En ese sentido esta hecha esta pregunta. ¿En qué puntos del espacio donde se describen algunas de las cosas que se enuncian Ustedes podrían decir que hay un campo? Con independencia de la fuerza. Eso es lo que tienen que pensar. Si el campo es algo que modifica el espacio, cuáles de los espacios de estas cosas que se mencionan acá pueden estar afectadas por un campo. ¿Siguieron?
23. A: Sí.
24. A: La del aroma y la primera.
25. A: La e también.
26. A: La del aroma no es gravitatorio.
27. D: Claro. Estamos pensando al campo como una propiedad del espacio que lo modifica punto a punto. Donde cada punto del espacio tiene una característica particular.
28. A: Y qué va a ser?
29. A: Un campo aromático.
30. A: Que el aroma sea el campo.
31. D: Otro, claro. Si yo me pongo mucho perfume Victoria estaría inundada del olor a perfume mío, pero Federico lo sentiría menos porque modifica el espacio alrededor del que lo genera que es mi perfume. En la temperatura pasa lo mismo. ¿Por qué nos ponemos cerca del radiador?¹⁵

Nótese en este tramo, cómo la intervención de un alumno en el turno 16, le otorga al docente un indicador de lo que ese estudiante estaría pensando. El docente reconoce que el estudiante no consigue concebir campos "sin masa" e interviene volviendo a poner en la consideración de sus alumnos el hecho de que han acordado antes que el campo es una propiedad del espacio y como tal pueden reconocerse otros campos además de los generados por masas. Esto provoca que en el turno 24 los estudiantes adviertan la presencia de esos otros campos que el docente procura que identifiquen. Así en el turno 26 es un alumno el que llama la atención para el resto de sus compañeros dando cuenta que se trata de un campo no gravitatorio diferente a los que han venido discutiendo hasta ese momento.

¹⁵ Victoria se encuentra ubicada próxima a la posición que ocupa la docente mientras que Federico está más lejos.

32. A: Pero para que el campo sea un cam-po tiene que haber masa porque sino no tenes fuerza.
33. D: Pero estás pensando en uno gravitatorio
34. A: Ah!!!!
35. A: Ahh esta fórmula es para gravitatorio!!!!
36. D: Claro. Si quisiera hacerlo entre cargas tengo otra cosa en la fórmula, si quisiera hacerlo entre imanes otra.
37. A: Si no es gravitatorio te modifica igual.
38. D: Cualquier campo aunque no sea gravitatorio te modifica el espacio, cada punto del espacio. Si es gravitatorio lo hace a través de una masa ejerciendo fuerza sobre ella. ¿Y qué otros hay?
39. A: Magnético.
40. A: Y eléctrico.
41. D: bueno, claro. En ese del aroma yo necesitaría una nariz para poder percibirlo. Hay alguna manera de percibirlo. Es algo que te modifica un punto del espacio.
42. A: la a, la b y la e.
43. D: Sí, la a, la b y la e.
44. A: Es complicado esto eh.
45. D: Sí es complicado.
46. D: Qué pasa con el agua ahí?
47. A: Se mueve.
48. D: ¿Podríamos pensar acá que el campo se mueve o fluye o se traslada?
49. A: Sí.
50. D: ¿Cómo lo piensan?
51. A: ...
52. A:
53. D: Si cada punto del espacio tiene una corriente distinta hay un campo que lo modifica.

Véase en el turno 32 como un estudiante sigue reclamando la presencia de una masa y una fuerza para hablar de campo. Es probable que la historia más reciente en las clases de Física le juegue en contra. Con anterioridad al tratamiento de estas situaciones han trabajado sobre la noción de campo gravitatorio. Se ha destacado entre guiones a la palabra cam-po para dar cuenta del énfasis con que el audio registra que este estudiante demanda tanto una masa cuanto una fuerza. Es en los turnos 34 y 35 cuando consigue darse cuenta de que ha pensado en términos de la fórmula y (probablemente sin conseguir independizarse de ella) no ha podido aceptar que la modificación de cada punto del espacio no requiere necesariamente de la presencia de una masa. Es importante recordar aquí que Vergnaud (1990, 1993) define al concepto como un triplete $C = (S, I, R)$ donde:

S: es el conjunto de situaciones que dan sentido al concepto (la referencia);

I: es el conjunto de invariantes sobre las cuales reposa la operacionalidad del concepto (el significado) y

R: es el conjunto de representaciones simbólicas (formas lingüísticas y no lingüísticas) que pueden ser usadas para indicar o representar los invariantes. (el significante). La intervención de la estudiante parecería evidenciar que la noción de campo tiene sentido únicamente para el caso de masas. Evidentemente nuevas situaciones obligan a los alumnos a incorporar nuevos elementos en el funcionamiento cognitivo.

Es el docente (en el turno 41) quien debe intervenir notando la necesidad de colocar algo para percibirlo que puede no ser una masa y bien podría tratarse, en el caso del aroma, de una nariz. A partir del turno 46 se retoma el tema de la velocidad del agua. El mismo no se concluye en el turno 53 pero por razones de espacio para esta presentación se ha optado por truncarlo al momento en que los estudiantes han reconocido que efectivamente se trata de un campo.

Comentarios finales

El empleo de la noción de situación como categoría de análisis del diseño y la implementación de propuestas de aula destinadas a colaborar en la comprensión de conceptos científicos, en este caso, interacción gravitatoria, puede sintetizarse de la siguiente manera:

✓ **Pone de manifiesto la importancia del lugar del lenguaje en la dinámica de desenvolvimiento de las prácticas de aula.**

Este papel del lenguaje y el empleo de los símbolos determinan la necesidad de contar con un docente capacitado para participar en la comunicación que acontece en el aula teniendo como meta de la conversación, aspectos que abonen a la conceptualización que pretende desenvolver entre sus estudiantes. Este requerimiento en el docente se conoce, entre los investigadores en educación científica, con el nombre de competencia dialógica. La misma, se refiere a la disponibilidad del profesor para acompañar a los estudiantes orientándolos en la construcción de los significados (esto implica una necesaria reflexión sobre los modos de pensar de los alumnos) a la vez que la capacidad para decidir cuando es el momento de alejarse y convertirse sólo en un asesor. (Villani y Pacca, 1997; Pacca y Villani, 2000). Esto supone que el docente debería conocer no solamente el listado de los conocimientos previos de los estudiantes sino también, el modo de accionar de estos alumnos con esos conocimientos. Cada una de las intervenciones y las no intervenciones del docente (en calidad de sujeto experto) son decisorias para la construcción social de los significados que se desenvuelven durante las clases. *"La dificultad del acto de enseñar está en el hecho de que él no puede ser analizado únicamente en términos de tareas de transmisión de contenidos y de métodos definidos a priori, sino que son las comunicaciones vivenciadas, la relación y la variedad de las acciones en cada situación que permitirán o no, a diferentes alumnos, el aprendizaje en cada intervención. Así, las informaciones previstas son regularmente modificadas de acuerdo a las reacciones de los alumnos y la evolución de la situación pedagógica y del contexto. Lo que constituye la especificidad de la enseñanza es que ella se trata de un trabajo interactivo."* (Tardiff, 1992, Stipcich, Roa, 2003)

✓ **Permite rever los criterios de secuenciación de los contenidos que han conformado la propuesta didáctica que engloba a estas situaciones a la luz de las acciones que esos contenidos han derivado.**

Las transcripciones aquí presentadas han puesto de manifiesto la dificultad para que los estudiantes de este curso reconozcan la presencia de campos allí donde no hay masas. Esto podría estar indicando que la actividad del ejemplo 3 ha sido presentada cuando la noción de campo ya se ha conceptualizado en términos de la presencia de masas. Puesto que los alcances de esta investigación no nos permiten decidir al respecto, cabría la posibilidad de diseñar una secuencia de actividades comenzando por la identificación de diferentes tipos de campos para luego, particularizar al gravitatorio y allí analizar los alcances y diferencias con lo que aquí se ha comentado. Nótese que en esta reflexión se alude a una de las características de las situaciones que reclama Vergnaud: la historia y la variedad.

✓ **Facilita el reconocimiento del modo en que los estudiantes elaboran la construcción conceptual.**

Las discusiones mantenidas durante las clases dejan al descubierto diferentes procesos (asociativos, analógicos, de diferenciación) a los que los estudiantes recurren para incorporar nuevos conocimientos. El conocimiento y reconocimiento de los mencionados procesos es de importancia tanto para el diseño, implementación y estudio de nuevas propuestas cuanto para la evaluación de la conceptualización alcanzada en los propios estudiantes.

Esta presentación ha intentado poner de manifiesto la relevancia que tienen las situaciones (definidas desde el referencial teórico de Vergnaud) en el diseño y en la puesta en práctica de clases de Física. Al tratarse de un constructo que se consolida en la praxis áulica (entre el docente, los estudiantes y los contenidos a enseñar) no permite definir un patrón de acciones a seguir en su desenvolvimiento. Sin embargo, la reflexión sobre la temática en sí misma y la discusión a partir de analizar la implementación de situaciones en casos concretos pueden colaborar para la profundización de estudios que tengan como propósito el funcionamiento cognitivo de los sujetos.

Referencias

BARIS, A. - VERGNAUD, G. *Students conceptions in physics and mathematics: biases and hepls.* Annick Weil in Caverni, J. P., Fabre, J.M. and González M. (Eds.) *Cognitive biases.* North Holland: Elsevier Science Publishers. 69-84. 1990.

CAZDEN, C. 1991. *El discurso en el aula.* (Paidós, Barcelona)

EDWARDS, D ; POTTER, J. 1999. *Discursive Psychology.* 1992. Sage. Londres en Enseñanza aprendizaje y discurso en el aula. 1996, en RICKSON, F. *Qualitative methods in research on teaching.* 1989, en VALLES, M. *Técnicas cualitativas de investigación social.* (Síntesis Sociología, Madrid)

FRANCHI, A. 1999. Considerações sobre a teoria dos campos conceituais. In Alcântara Machado, S.D. et al. 1999. *Educação Matemática: uma introdução.* São Paulo. EDUC. pp. 155-195.

HALLIDAY, M. – MARTIN, J. 1993. *Writing science: Literacy and Discursive Power,* (University of Pittsburgh Press, Pittsburgh)

LOTMAN, Y. 1989. *Text within a text.* Sovietic Psychology, 26(3) en Wertsch, J. 1991. *Voces de la mente.* (Visor, Madrid).

PACCA, J. y VILLANI, A. 2000 La competencia dialógica del profesor de ciencias en Brasil. *Enseñanza de las ciencias,* vol.18 (1), 95-104.

STIPCICH, S. y ROA, M. "La importancia de la competencia dialógica del profesor de Física para negociar significados". Memorias del Congreso XIII Reunión nacional de Educación en Física. Río Cuarto. I.S.B.N. 987-1003-15-3. Noviembre de 2003.

TARDIFF, J. 1992 Por un enseignement stratégique: l'apport de la psychologie cognitive en *Formando Professores profissionais.* Perrenoud, P, Paquay, L. Altet, M. y Charlier, E. (Artmed, Brasil)

VERGNAUD, G.. *Multiplicative conceptual field: what and why?*. In Guershon, H. and Confrey, J. (Eds.) *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics.* Albany, N.Y.: State University of New York Press. p. 41-59. 1994.

VERGNAUD, G. Education: the best part of Piaget's heritage. *Swiss Journal of Psychology,* 55(2/3), p 112-118. 1996 a.

VERGNAUD, G. A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. *Revista do GEMPA,* Porto Alegre, Nº 4: 9-19. 1996 b.

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

VERGNAUD, G. et al. (1990). *Epistemology and psychology of mathematics education. In Nesher, P. & Kilpatrick, J. (Eds.) Mathematics and cognition: A research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education.* (Cambridge University Press, Cambridge)

VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol.10 (23). Pp.133-170.

VILLANI, A y PACCA, J. 1997 Construtivismo, conhecimento científico e habilidade didática no ensino de ciências. *Revista da Faculdade de Educação da USP*, vol. 23 (1-2), pp. 196-214.