

# El papel de las actividades en la construcción del conocimiento en clase

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Elsa Garrido

Ruth S. de Castro

Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. Brasil.



## RESUMEN

A partir de investigaciones sobre la historia de las ciencias y sobre la psicogénesis de las ideas de los alumnos, se plantean los resultados de algunos estudios en los que se proponen actividades dirigidas expresamente a producir una evolución cognitiva en los alumnos.

## Introducción

El salón de clases de ciencias y matemáticas es actualmente un amplio laboratorio de investigaciones sobre el cual se vuelcan varios grupos de investigadores buscando entender mejor el fenómeno de la enseñanza y del aprendizaje de estos contenidos. Son innumerables las direcciones en que esas investigaciones se desarrollan; sin embargo, una línea que nos parece fértil es entender el papel que las actividades trabajadas en el salón de clases desempeñan en la construcción del conocimiento por los alumnos, así como el papel que desarrolla el profesor en la dirección de esa construcción.

Las actividades ocupan un papel fundamental en una enseñanza que tiene por objetivo proporcionarle condiciones al alumno para que él construya su conocimiento (Driver e Oldham, 1986; Gil y Torregrosa, 1987; Gimeno, 1988; Gil e Carval-

ho, 1992). Cañal et al (1993) caracterizaron diversos tipos de actividades en la secuencia de la enseñanza y propusieron la siguiente definición: "las actividades didácticas son procesos de flujo y tratamiento de información (orientados, interactivos y organizados) característicos del sistema-aula".

Al estar de acuerdo con esa definición nuestras preocupaciones fueron en el sentido de estructurar actividades didácticas tomando por base la historia de la ciencia, las investigaciones psicogenéticas sobre las nociones que queremos enseñar y la literatura sobre conceptos espontáneos. En un trabajo posterior de análisis intentamos averiguar la contribución de esas actividades en la construcción del conocimiento en el salón de clase.

Pero ¿cómo elaborar actividades de enseñanza que partieran de los conocimientos espontáneos de los alumnos y les hicieran construir conocimientos científicos?



Sabemos que es necesario problematizar, cuestionar y dialogar si se desea substituir el conocimiento espontáneo por un conocimiento más abierto y dinámico, pero ¿dónde buscar esquemas teóricos y metodológicos suficientemente sólidos para impulsar nuestro programa de investigación didáctica en la enseñanza de ciencias y matemáticas?

Nuestro grupo optó (Carvalho et al, 1992) por la epistemología genética para la explicación de cómo el sujeto construye su conocimiento. Sin embargo, sabemos claramente que la relevancia de la teoría de Piaget para la Didáctica de las Ciencias no impide, sino que permite e incluso exige, la apertura hacia otras teorías que puedan aclarar problemas comunes. Esa teoría no constituye una barrera, sino que, al contrario, le indica al investigador muchos caminos interdisciplinarios. La teoría piagetiana nos da condiciones de entender los procesos de desequilibrio/reequilibrio en la construcción del conocimiento del individuo y que se pueden particularizar para la construcción del conocimiento en el salón de clase (Carvalho et al, 1992). Las investigaciones en psicogénesis de los conceptos y las investigaciones de los conceptos alternativos nos proporcionan un material fértil para la construcción de actividades que lleven el alumno a conflictos cognitivos. Por otro lado, la historia de las ciencias, además de proporcionar ideas para excelentes actividades problematizadoras, revela las orientaciones metodológicas empleadas en la construcción de los conocimientos, esto es, las formas por las cuales los científicos enfrentan los problemas, las características más notables de sus actividades, los criterios de validación y aceptación de las teorías científicas (Gil, 1986).

Por otra parte, no se puede dejar de considerar la reciente literatura sobre la visión ingenua de los procesos de producción del conocimiento científico que re-

fuerzan las dificultades de aproximación entre el conocimiento construido por el alumno y el conocimiento científico (Gil 1986, 1993; Delizoicov, 1991; Castro, 1993). Hay que evitar lo que Gil y Carras-cosa (1985) llamaron de "metodología de superficialidad", en donde se trata la ciencia como un producto acabado, presentado como verdad indiscutible y se negligencia la importancia del pensamiento divergente y las opiniones conflictivas en el proceso de construcción del conocimiento.

Al estudiar las actividades desarrolladas en las clases, nuestro grupo tuvo que proceder a algunas opciones que direccionasen los trabajos. Las principales se reportan a las preguntas que queríamos contestar y a la metodología de investigación que utilizaríamos.

### **Las preguntas que dirigieron nuestras investigaciones**

Al final de 1990 (Carvalho et al, 1991) habíamos estructurado una serie de preguntas sobre el papel que las actividades -elaboradas a partir de la historia de las ciencias, de las investigaciones en psicogénesis y en conceptos espontáneos- podrían desempeñar en la construcción, por los alumnos, de los conceptos en situación de enseñanza.

Las preguntas que nos propusimos como directrices de nuestras investigaciones se detallan a continuación.

#### ***Sobre el papel de la historia de las ciencias en la enseñanza***

- ¿El uso de la historia de la ciencia puede auxiliar, efectivamente, la enseñanza proporcionándole un mejor aprendizaje de los conceptos en un determinado contenido?

- ¿El uso de la historia de la ciencia estimularía la reelaboración (o elaboración) de un modelo explicativo más cercano del que se acepta científicamente?

- ¿Se puede identificar, evaluar o medir ese auxilio de forma a atribuir a ese uso explícito de la historia de la ciencia un papel bien definido en la enseñanza?

- ¿Se puede identificar o elegir el momento más adecuado para utilizarla?

### **Sobre la construcción, por los alumnos, de los conceptos en situación de enseñanza**

- Las actividades que planeamos, con el auxilio de las investigaciones psicogenéticas, de las investigaciones en conceptos espontáneos y de la historia de las ciencias ¿producen evolución cognitiva en los alumnos?

- Las perturbaciones que intentamos producir ¿desencadenan los desequilibrios/reequilibrios necesarios a la construcción, por los alumnos, del conocimiento que se pretende?

### **La metodología de investigación empleada**

La metodología de investigación que empleamos para lograr describir y analizar la enseñanza en el salón de clase se basó, con gran énfasis, en los vídeos de las clases de los cuales seleccionamos partes a las que llamamos "episodios de enseñanza".

Llamamos "episodio de enseñanza" a aquel momento en que se hace evidente la situación que queremos investigar. Esa situación, que se relaciona con las preguntas antes indicadas, puede ser, por ejemplo, la situación de los alumnos cuando sugieren hipótesis en un problema abierto,

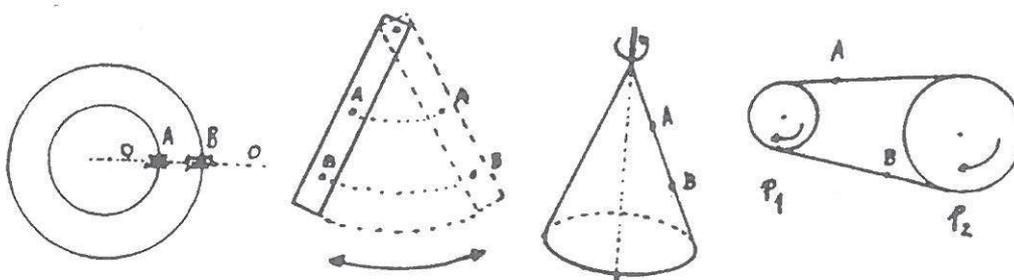
los comentarios de los alumnos tras una pregunta desestructuradora, la discusión de un texto histórico, etc. Los episodios de enseñanza se caracterizan por el conjunto de acciones o de comentarios que desencadenan los procesos de búsqueda de la respuesta al problema en discusión.

La importancia de la grabación en vídeo de una clase es que podemos verla y reverla tantas veces cuantas sean necesarias. Ese hecho le otorga a la investigación en enseñanza una colección de datos que no los registraría el mejor observador y que, muchas veces, no estamos preparados teóricamente para analizar. ...Este es un desafío que estimula nuestro grupo. Ya nos hemos preguntado si no será posible comparar el impacto y la transformación que un vídeo le trae a la enseñanza con la transformación que el uso del telescopio le trajo a la astronomía pues, como lo demuestra Koyré (1979), "el telescopio de Galileo no es un simple perfeccionamiento de la luneta 'batava'... es construido con una determinada finalidad científica, como sea, revelar a nuestros ojos cosas que son invisibles a simple vista. He ahí el primer ejemplo de una teoría basada en la materia, que nos permite sobrepasar los límites de lo observable, en el sentido de aquello que se le otorga a la percepción sensible, base experimental de la ciencia pre-galileana".

### **La construcción de las actividades y los resultados de nuestras investigaciones**

Nuestras investigaciones se realizaron en aulas de las escuelas de la comunidad. Intentamos contestar las preguntas ya relacionadas y cada una de las investigaciones creó actividades didácticas con el objetivo de explotar uno o más grupos de preguntas. En este artículo no presentaremos ca-

dad de puntos sobre un cuerpo en rotación. La observación simultánea del movimiento de diferentes puntos en cuerpos rígidos que giran alrededor de un eje provoca una contradicción que sólo se equilibra cuando la idea de velocidad deja de concebirse como si fuera la misma para los puntos no equidistantes del eje de un cuerpo en rotación.



Esos resultados fueron las directrices de nuestro trabajo en el salón de clase, puesto que para introducir el concepto de velocidad angular introducimos actividades que intentaban discutir la velocidad de puntos situados en diferentes cuerpos en rotación (figura abajo) haciendo resaltar siempre, en todas las actividades, la contradicción entre la velocidad lineal y angular.

Como conocíamos, por la investigación psicogenética hecha, los raciocinios que los niños y adolescentes presentaban para superar la contradicción entre las dos velocidades y estos mismos raciocinios se plantearon en las discusiones de nuestros alumnos, quedó claro que tales actividades fueron excelentes para desestructurar los alumnos y también para proporcionarles la oportunidad de que pudieran discutir y defender sus ideas, además de la toma de conciencia de la necesidad de distinguir las dos velocidades para superar las contradicciones y deficiencias de las explicaciones iniciales.

La toma de conciencia de esta contradicción auxilió, muchísimo, la introducción de actividades de reestructuración, hecha con la ayuda de la historia de la ciencia, de la cual se intentó recuperar la necesidad de la definición de velocidad angular.

En una segunda investigación preparamos actividades para la enseñanza de la flotación (Abib, 1988). Fue extremadamente

importante el conocimiento del trabajo de Inhelder y Piaget (1976) en el cual los autores describen detalladamente cómo los niños y adolescentes construyen este concepto. Ese trabajo les resulta muy útil a los profesores puesto que además de describir todas las dificultades conceptuales que los individuos encuentran al construir los conceptos de densidad absoluta y relativa, esenciales en la explicación de las condiciones de flotación de diferentes cuerpos, muestra la serie de hipótesis elaboradas durante esa construcción. La parte lógica formal, representada por la construcción de hipótesis, tiene un papel fundamental en la enseñanza de las ciencias, pues es necesario plantear hipótesis para la construcción de la ciencia y a los alumnos les resulta difícil elaborarlas además de que, a veces, los profesores las subvaloran.

Basados en esa lectura organizamos todo el material experimental necesario y, principalmente, una serie de problemas que les dieron oportunidad a los alumnos

de plantear, discutir y probar las hipótesis que podrían, según ellos, explicar el fenómeno. Esas actividades permitieron que los alumnos crearan criterios de validación de sus ideas al averiguar el acierto o el error de sus hipótesis, que sistematizaran sus conocimientos y buscaran la relación causal con el propósito de explicar el fenómeno en estudio.

Para los profesores, sabiendo de antemano cómo los niños y adolescentes piensan y por cuáles dificultades pasan al encontrarse con los distintos fenómenos físicos que queremos enseñarles, se vuelve más fácil preparar actividades que les den oportunidad a los alumnos de expresar su pensamiento de modo a evidenciar las deficiencias y contradicciones de las explicaciones espontáneas y, principalmente, para que pasen de una posición inductivista ingenua a la construcción de un conocimiento científico (Coll, 1983).

Intentamos crear, también, una serie de actividades para la enseñanza de física volcada hacia los primeros años de la enseñanza básica (8 a 10 años). Esas actividades, construidas a partir de problemas experimentales sencillos e interesantes para los niños, tenían por objetivo llevarlos a: 1) manejar los aparatos para que vieran cómo funcionaban; 2) manejarlos para solucionar el problema; 3) tomar conciencia de cómo habían logrado solucionarlo, y 4) intentar explicar la relación causal del fenómeno (Kamii y Devries, 1986).

Elaboramos cuatro actividades (Gonçalves, 1991) empleando los conceptos de sombra, aire, flotación y cantidad de movimiento. Los estudios psicogenéticos ya realizados sobre esos conceptos nos ayudaron a elaborar cuestiones que les dieran oportunidad a los niños de discutir sus concepciones espontáneas de una manera natural e informal. A partir, por ejemplo, del trabajo de Piaget (1927) que estudia la evolución del concepto de sombra - mos-

trando que el niño piensa el concepto de sombra como una substancia antes de pensarlo como la falta de luz -, pudimos proponer preguntas como "¿qué ocurre con la sombra de un niño cuando él está debajo de un árbol?" A partir de esa pregunta pudimos discutir, en el aula, toda una serie de concepciones espontáneas que los niños tienen sobre este concepto.

### Algunas conclusiones

Una de las mayores dificultades que los profesores que actuaron como agentes de nuestras investigaciones encontró fue ajustar el conflicto en un grado óptimo a todos los alumnos puesto que, en el aula, la magnitud de los conflictos no suele ser la misma para diferentes alumnos. Esto exige graduaciones distintas que el profesor debe coordinar a través de una observación continua que le permita incluir preguntas intermediarias, la aclaración de dudas y las sugerencias adecuadas a cada caso.

Entre los procedimientos de enseñanza que utilizamos en nuestras investigaciones, las actividades de discusión - tanto las que se realizaron en pequeños grupos de alumnos como las que realizó el profesor con todo el grupo - se mostraron extremadamente útiles a la superación de las dificultades antes referidas.

Cuanto más veíamos todos los vídeos, más nos dábamos cuenta de la importancia del papel del profesor en la dirección de una enseñanza que tenga por objetivo llevar los alumnos a la construcción de un conocimiento científico.

Nuestro primer trabajo fue lograr desglosar la pregunta original - ¿Cuál es el papel del profesor en el desarrollo de condiciones óptimas para la interacción constructivista entre el alumno y el objeto de conocimiento? - en una serie de otras pre-

guntas más exactas. Así, intentamos contestar las siguientes preguntas:

- ¿El profesor ha ofrecido situaciones que posibiliten confrontar las predicciones/hipótesis de los alumnos y los datos?

- ¿Cómo ha actuado en el sentido de favorecer los procesos de reequilibrio/acomodación conceptual?

- ¿Cuáles de estas estrategias facilitadoras, frecuentemente registradas por la literatura específica, se observan más en nuestras experiencias pedagógicas?

Empezando el estudio del papel que nuestros profesores desempeñaron, ahora bajo un punto de vista de un observador externo, analizamos la interacción verbal profesor-alumno en dos escuelas en las que se desarrolló la enseñanza de Calor y Temperatura (Garrido, 1993; Garrido y Carvalho, 1993).

Conviene discutir, además, algunas limitaciones que encontramos al tomar los datos.

La primera es preponderantemente de orden técnico, ya que hay necesidad de un equipo adecuado para la captación del conjunto de interacciones que ocurren en el aula. Si ponemos más de una cámara de vídeo podemos cohibir la participación de alumnos y profesores. Con una sola cámara tenemos que tener muy claros nuestros objetivos de investigación, pues o seguimos el profesor en su interacción con el grupo como un conjunto, o seguimos la discusión de un solo grupo de alumnos, despreciando lo que ocurre alrededor. El problema técnico de la captación del sonido también perjudica la toma de datos. Al usar sólo el micrófono instalado en la cámara registramos, con mayor nitidez, las interacciones de las personas próximas al equipo; al usar micrófonos inalámbricos puestos en locales estratégicos o, incluso,

micrófonos direccionales, la intervención de los aparatos en la clase es mayor. Estas limitaciones técnicas suponen cierta dificultad en el registro completo de los episodios de enseñanza. Sin embargo, tenemos el conocimiento histórico de las ciencias según el cual todo instrumento de medida cambia el fenómeno que estudiamos, pero ello no lo invalida si, gracias a él, logramos entender mejor el propio fenómeno.

Otra limitación se relaciona con la subjetividad en la elección y en la interpretación de los episodios de enseñanza. Fue necesario que el grupo de investigadores se movilizara en el sentido de hacer la lectura conjunta de las grabaciones, intentando disminuir la subjetividad en la delimitación de los episodios y en su interpretación. Además de eso, al ver varias veces los vídeos de las clases, notamos que un episodio de enseñanza continuaba en clases posteriores. Decidimos, pues, subdividir los episodios de enseñanza en escenas que mostrasen toda la secuencia del fenómeno estudiado, aunque esas escenas hubiesen ocurrido en clases distintas.

Esta metodología de investigación, estudiando los vídeos, intentando definir los episodios de enseñanza y las diferentes escenas que completaban todo un episodio, unas tan lejanas de otras en el tiempo, nos hizo tomar conciencia de la dificultad de la construcción del conocimiento por los alumnos, de la lentitud con que se procesan los cambios de los conocimientos espontáneos para los científicos, de las idas y venidas y, principalmente, de la ingenuidad con que nosotros, profesores, pensamos que una actividad, planeada con todo cariño, pueda llevar el alumno, en una trayectoria directa, al conocimiento pretendido.

## REFERENCIAS

- ABIB, M. L. V. S. (1988). *Uma Abordagem Piagetiana para o Ensino da Flutuação dos Corpos*, Textos: Pesquisa para o Ensino de Ciências, n. 2, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- CAÑAL, P.; LOPEZ, J. I.; VENERO, C.; WAMBA, A.M. (1993). El Lugar de las Actividades en el Diseño y Desarrollo de la Enseñanza: ¿Cómo Definirlas y Clasificarlas? *Investigación en la Escuela* 19, 7-13.
- CARVALHO, A.M.P.; LABURU, C. E.; SILVA, D.; MORTIMER, E.; GARRIDO, E.; TRIVELATO, J.; BECHARA, L.; MOURA, M.O.; GONÇALVES, M.E.; SANTOS, M.; TEIXEIRA, O.; RIBEIRO DO VALLE, M.; CASTRO, R.; ITACARAMBI, R. (1991). Síntesis Evolutiva de Investigaciones en enseñanza de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 9 (2), 169-174.
- CARVALHO, A.M.P. & CASTRO, R. (1992). La Historia de las Ciencias como Herramienta para la Enseñanza de Física en Secundaria: un Ejemplo en Calor y Temperatura. *Enseñanza de las Ciencias* 10 (3), 289-294.
- CARVALHO, A.M.P.; CASTRO, R.; LABURU, C.E.; MORTIMER, E.F. (1992). Pressupostos Epistemológicos para a Pesquisa em Ensino de Ciências. *Cadernos de Pesquisa* 82, 85-89.
- CASTRO, R. (1993). *História e Epistemologia da Ciência: Investigando suas Contribuições num Curso de Física de Segundo Grau*. Dissertação de Mestrado, IF/FEUSP, São Paulo.
- CASTRO, R. & CARVALHO, A.M.P. (1992). História da Ciência: Investigando como usá-la num curso de Segundo Grau. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física* 9 (3), 225-237.
- COLL, C. (1983). Las Aportaciones de la Psicología a la educación: el Caso de la Teoría Genética y de los Aprendizajes Escolares in Coll C., *Psicología Genética y Aprendizajes Escolares*, Siglo XXI.
- DELIZOICOV, D. (1991). *Conhecimento, Tensões e Transições*. Tese de Doutorado, FEUSP, São Paulo.
- DRIVER, R. & OLDFHAM, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education* 13, 105-122.
- GARRIDO, E. (1993). Ensino Construtivista de Ciências:- Um Modelo de Análise de Interação Verbal Professor Aluno. *Artigo apresentado na 16 a. Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação*. Caxambu, M.G.
- GARRIDO, E. & CARVALHO, A. M. P. (1993). Analysing Verbal Interaction between Teacher and Pupils on Tenth Grade Physics Classroom. *Artigo apresentado no Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca, N.Y.
- GIL, D. (1986). La Metodología Científica y la Enseñanza de las Ciencias: unas Relaciones Controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias* 4 (2), 111-121.
- GIL, D. & CARRASCOSA, J. (1985). Science Learning as a Conceptual and Methodological Change. *European Journal of Science Education* 7 (3), 231-236.
- GIL, D. & CARVALHO, A.M.P. (1992). Tendencias y Experiencias Innovadoras en la Formación del Profesorado de Ciencias, in: Proyecto IBERCIMA de *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática*. Organización de Estados Ibero-americanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Madrid.
- GIL, D. & MENEZ-TORREGROSA, J. (1987). Los Programas-Guías de Actividades: una Concreción del Modelo Constructivista de Aprendizaje de las Ciencias. *Investigación en la Escuela* 3, 3-12.
- GIL, D. (1993). Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de un Modelo de Enseñanza/ Aprendizaje como Investigación. *Enseñanza de las Ciencias* 11 (2), 197-212.
- GIMENO, J. (1988). *Curriculum: Una Reflexión Sobre la Práctica*. Madrid: Morata.
- GONÇALVES, M.E.R. (1991). *O Conhecimento Físico nas Primeiras Séries do Primeiro Grau*, Dissertação de Mestrado, IF/FEUSP, São Paulo.
- IFRAH, G. (1987). *La Cifra: Historia de una Gran Invención*. Madrid: Editorial Mir.
- INHELDER, B. & PIAGET, J. (1976). *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente*. São Paulo: Livraria Pioneira Editora
- KAMII, C. & DEVRIES, R. (1986). *O Conhecimento Físico na Educação Pré-Escolar, Artes Médicas*. Porto Alegre.
- KOYRÉ, A. (1979). *Do Mundo Fechado ao Universo Infinito*. EDUSP, São Paulo.
- MAGIE, W. F. (1935). *A Source Book in Physics*. MacGraw-Hill, New York.

- MOURA, M. O. (1992). *A Construção do Signo Numérico em Situação de Ensino*. Tese de Doutorado, FEUSP, São Paulo.
- PIAGET, J. (1927). *La Casualité Physique chez L'Enfant*. Alcan, Paris.
- POSNER, G.J.; KENNETH, A.; STRIKE, P.W.; HEWSON, P.W.; GERTZOG, W.A. (1982). Accomodacion of a Scientific Conception: Toward a Theory os Concept Change. *Science Education* 66 (2), 211-227
- RIBINIKOV, K. (1987). *Historia de las Matematicas*. Moscou: Editorial Mir.
- SILVA, D. (1990). O Ensino Construtivista de Velocidade Angular. *Textos: Pesquisa para o Ensino de Ciências* 4, FEUSP. São Paulo.

---

#### SUMMARY

*From the investigations about science history and the psychogenesis of childrens' ideas, the results of some studies are presented, where a few activities were directed to produce a cognitive evolution of the students*

#### RÉSUMÉ

*A partir des études sur l'histoire des sciences et sur la psychogenèse des idées des élèves, on expose les resultats de quelques études dans lesquelles on propose des activités adressés expresment a produire une evolution cognitif dans les élèves.*