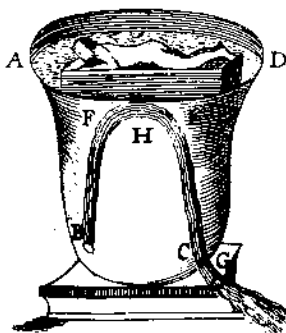


INTERCAMBIOS, COMENTARIOS



Y CRITICAS

En esta sección intentamos recoger, por una parte, los comentarios y críticas sobre los trabajos aparecidos, así como sugerencias de cualquier tipo que puedan contribuir a una mejora de la revista.

En segundo lugar pretendemos que estas páginas sirvan para dar a conocer la existencia de grupos de trabajo y facilitar así los contactos e intercambios.

También pensamos que puede ser de interés el conocimiento de las líneas de trabajo seguidas por los distintos grupos, que pueden enviar breves resúmenes de sus actividades.

Por último contemplamos la posibilidad de favorecer los intercambios objeto de esta sección con la publicación de algunas entrevistas y mesas redondas.

DEBATES

PROBLEMAS METODOLÓGICOS EN EL TRATAMIENTO DE LAS CONCEPCIONES DE LOS ALUM- NOS EN EL CONTEXTO DE LA FI- LOSOFÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

*Marín Martínez, N. y Jiménez Gómez, E.
Profesores del Departamento de Didáctica
de las Ciencias Experimentales de la
Universidad de Granada.*

Introducción

En el campo de la investigación educativa se puede afirmar, a pesar de los distintos enfoques, que existe una tendencia generalizada en hacer más efectivos los procesos de enseñanza mediante una acomodación de éstos a las característi-

cas del que aprende. Incluso se aprecia una notable convergencia en considerar las concepciones que poseen los alumnos, relativas a lo que va a ser enseñado, como información básica para llevar a cabo dicha acomodación.

Lo anterior podría justificar el elevado número de publicaciones que han aparecido sobre concepciones en los diferentes dominios de la Ciencia: Física, Química, Geología, Biología..., y dentro de cada disciplina, en la mayoría de sus ramas, como se pone de manifiesto en las revisiones bibliográficas realizadas por Carmichael y otros (1990) y Confrey (1990), entre otras. Sin embargo, su estudio es de una gran complejidad; prueba de ello es:

a) La gran diversidad de términos utilizados para describir dichas concepciones: errores conceptuales, preconcepciones,

conceptos primitivos, esquemas conceptuales, etc. (Glad, cifr. Millar 1989, ha llegado a contabilizar 21).

b) Los diferentes resultados que, a veces, se obtienen para un mismo contenido físico (Viennot 1985).

La razón de la diversidad de términos utilizados se puede deber al elevado número de supuestos teóricos que utilizan los educadores cuando realizan trabajos de investigación sobre las concepciones. Así, Confrey (1990) ha englobado la mayoría de dichos supuestos en dos entramados conceptuales que se fundamentan en:

a) la Filosofía de la Ciencia en la tradición del cambio conceptual;

b) los estudios piagetianos en la tradición de la Epistemología Genética.

Sin embargo, se han realizado otros trabajos desde la Fenomenografía (Marton 1981), cómo un defecto de enseñanza-aprendizaje (Gunstone 1989), a partir de otras corrientes psicológicas diferentes a la piagetiana (Crisuolo 1987, Carmichael et al. 1990, Pozo et al. 1991), etc.

A pesar de los diferentes supuestos teóricos utilizados, en este trabajo nos vamos a centrar en analizar las dificultades e inconsistencias que aparecen cuando se identifican, describen e interpretan las concepciones de los alumnos en el contexto de la Filosofía de la Ciencia. Ello nos ha llevado a considerar las concepciones como un producto de la mente humana, con características diferentes a las construcciones científicas. Por último, se proponen una serie de sugerencias y condiciones básicas que creemos que pueden mejorar la tarea de definir, interpretar y explicar las concepciones de los alumnos.

Problemática en el tratamiento de las concepciones desde la Filosofía de la Ciencia

Los trabajos de Kuhn, Lakatos, Toulmin et al. que incorporaron la Historia y la Sociología de la Ciencia a la Filosofía han tenido un gran atractivo entre los educadores en ciencias. Ello puede deberse, entre otras razones, a que se abrían nuevas perspectivas sobre los diseños de enseñanza, pues se considera que los estudiantes podrían alterar sus concepciones o desviaciones conceptuales mediante transformaciones intelectuales similares a aquéllas que se acompañan en la transición de un paradigma científico a otro (Confrey 1990). Lo anterior, junto a otros argumentos como pueden ser los relativos a la propia formación de los investigadores, ha motivado que muchos de ellos realicen sus investigaciones sobre concepciones bajo el contexto de la Filosofía de la Ciencia.

Abimbola (1988) ha realizado un estudio crítico acerca de las raíces epistemológicas que utilizan los investigadores para *identificar* y *describir* las concepciones del alumno, dentro del entramado conceptual de Filosofía de la Ciencia en la tradición del cambio conceptual. Encontró dos corrientes, la revolucionaria y la evolucionaria, que corresponden con las propuestas realizadas por Kuhn y Toulmin, respectivamente, cuando se refieren al desarrollo del conocimiento científico. Lo anterior le ha permitido justificar la utilización de diferentes términos: ideas erróneas, conceptos erróneos o ideas falsas (misconceptions), fallos de comprensión (misunderstanding), concepciones existentes, esquemas previos, concepciones previas, esquemas

conceptuales alternativos, ideas alternativas y concepciones alternativas.

Por nuestra parte queremos señalar que hemos intentado buscar posibles regularidades que pueden presentarse cuando se quiere identificar, describir e interpretar las concepciones de los alumnos. Así, en los trabajos de investigación realizados para *identificar* las concepciones de los alumnos se detecta cierta metodología, que se ha podido delimitar a partir de la revisión de trabajos de:

a) carácter compilatorio (Driver et al. 1989, Hierrezuelo y Montero 1988);

b) índole personal (Brown 1989, Gamble 1989, Watts y Zylbersztajn 1981, Clement 1982, Gilbert et al. 1982, Maloney 1984, Terry y Jones 1986, Viennot 1979, Novick y Nussbaum 1978, Pfundt 1981, Brook et al. 1984, Dow et al. 1978, Osborne y Schollum 1983, Llorens 1988).

Un tratamiento más explícito de la anterior bibliografía se puede encontrar en el trabajo de Benarroch y Marín (1991).

La mayoría de los trabajos anteriores se inician con un problema localizado dentro del dominio de la educación en ciencias, que generalmente gira alrededor de un contenido objeto de enseñanza. A continuación, se procede a la identificación de las concepciones que tienen los alumnos sobre dicho contenido. Para ello, se utilizan diferentes técnicas, tales como la entrevista clínica piagetiana sobre sucesos o fenómenos físicos, entrevistas sobre sucesos y ejemplos (Osborne y Freyberg 1985), comentarios escritos seguidos de una entrevista (Giordan y Vecchi 1988), entrevistas (Clough y Driver 1986), pruebas de papel y lápiz, entre otras, que nos permiten obtener las diferentes respuestas o explicaciones que dan los sujetos a determinados sucesos o fenómenos físicos planteados. A partir de ellas se identifican las concepciones en base a las regularidades encontradas.

La metodología descrita anteriormente para *identificar* las concepciones de los alumnos se podría considerar empirista, en el sentido que el investigador no suele iniciar su estudio a partir de supuestos hipotéticos o planteamientos teóricos. Ello origina que cada uno utilice sus propios esquemas cognoscitivos, la mayoría de las veces implícito, lo cual dificulta cualquier sistematización.

Muchos investigadores o educadores en ciencias *describen* las concepciones exclusivamente a partir de sus conocimientos en ciencias. Esto da lugar a que se realicen comparaciones entre las ideas que poseen los expertos y novatos, lo que suele inducir a hablar de conocimiento erróneo o correcto y a establecer distan-

cias entre la «ciencia» de los alumnos y la que comparte la comunidad científica.

Respecto a la consistencia, firmeza de las concepciones y el paralelismo existente entre el cambio de un paradigma científico a otro y las transformaciones intelectuales que dan lugar a la alteración o cambio conceptual de los alumnos, no parece existir un consenso entre los investigadores. De ahí que surjan dudas y críticas, incluso por investigadores como Strike y Posner (1990), que previamente han defendido la metodología del cambio conceptual.

Todo parece indicar, como apunta Hashweh (1988), que no existe un contexto teórico claro que se deduzca del entramado conceptual de Filosofía de la Ciencia en la tradición del cambio conceptual el cual permita realizar un tratamiento adecuado de las concepciones. Así, los investigadores no pueden llegar a un consenso en cuanto a su *descripción e interpretación* y, por tanto, a ofrecer explicaciones satisfactorias de los cambios de concepciones que puedan sufrir los alumnos después de un proceso de enseñanza.

Nosotros pensamos que la descripción e interpretación de las concepciones habría que realizarlas fundamentalmente desde los mecanismos evolutivos de la estructura cognoscitiva del sujeto. La razón se puede encontrar en estudios previos, como los piagetianos, donde se ponen de manifiesto algunas diferencias y analogías entre los contenidos cognoscitivos del sujeto y los académicos.

Las diferencias entre los contenidos del alumno y los académicos

Desde el punto de vista ontogenético, el sujeto presenta en cada fase de su desarrollo evolutivo unas determinadas limitaciones y capacidades que se ponen de manifiesto en sus reacciones frente a problemas planteados, que son muy diferentes a las que se afrontan en un contexto científico (Piaget 1977a). Además, la transcripción de los datos empíricos, el grado de significación de éstos, el modo con que son relacionados y los razonamientos lógicos son procesos que se dan en el alumno de forma bien distinta a cómo se producen en el científico y, más aún, en la reconstrucción racional de los avances científicos (Piaget et al. 1948, Piaget 1973a).

Por ejemplo, la mayoría de las reacciones del sujeto frente a problemas de la conservación de las distintas variables físicas —cantidad de materia, peso, volumen y longitud— son contenidos ontogenéticos diferente a los que se dan en el

seno del cuerpo de conocimientos científicos (Piaget et al. 1948, Piaget e Inhelder 1982); sin embargo, por estar ligadas a las concepciones de los alumnos, deberían tenerse presentes para una mejor comprensión de éstas.

Otras muchas respuestas del alumno sobre un contenido están correlacionadas con los conocimientos que tiene la comunidad científica respecto al mismo contenido, si bien, dicha correlación es un problema de carácter evolutivo, ya que en niveles cognoscitivos superiores las concepciones se asemejan más a las académicas. Por el contrario, en un contexto preoperatorio poseen un carácter más egocéntrico y están poco correlacionadas.

Esta «mala correspondencia» entre los contenidos científicos y los que son propios del alumno se traduce en una falta de esquemas de asimilación en la estructura cognoscitiva del sujeto para captar los primeros. Así, una búsqueda de concepciones guiada sólo por esquemas basados en los contenidos académicos ofrece resultados posiblemente sesgados.

Al menos, dos son las conclusiones que se pueden extraer de lo expuesto hasta aquí:

1. En una búsqueda de concepciones habría que considerar las ideas o explicaciones del alumno

a) que presenten una relativa correspondencia con los contenidos académicos; y también

b) aquellos otros que no poseen esta característica pero que son significativos para el sujeto en la medida que nos ofrecen una valiosa información sobre las peculiaridades de su pensamiento.

2. El contenido de la Filosofía e Historia de la Ciencia puede ayudar a los investigadores a la hora de realizar búsquedas de concepciones, pero por las razones dadas anteriormente habría que considerar dichas concepciones como una primera aproximación. No en vano, en la filogénesis intervienen complejos factores sociales que preceden al acto de creación que, a su vez, sufre un proceso de reconstrucción racional y crítica por parte de la comunidad de científicos (Khun 1981). Ello podría justificar las diferencias con los mecanismos cognoscitivos que se dan en el plano ontogénico.

Sugerencias para el tratamiento de concepciones

La identificación, descripción e interpretación de las concepciones es un pro-

blema complejo, puesto que están implicadas connotaciones psicológicas. Esto obliga al investigador a ser minucioso y exigente en sus investigaciones, lo que supone previamente clarificar:

a) *¿Qué contenidos deben ser objeto de búsqueda de concepciones en una investigación?*

Pensamos que sólo deberían ser investigadas las concepciones de los alumnos en aquellos contenidos que sean significativos para ellos. En una primera aproximación, podríamos decir que un contenido es significativo para un sujeto cuando éste está acomodado a sus esquemas conceptuales y operatorios.

Así, en investigaciones llevadas a cabo utilizando cuestiones del tipo «¿qué fuerzas actúan sobre...?», que aplicadas en situaciones físicas como puede ser un astronauta que suelta un objeto en la luna (Watts y Zylbersztajn 1981), al poseer poco significado para el alumno, y, a pesar de que sus respuestas están tipificadas en 4 o 5 categorías, subyace un criterio dicotómico, acierto-erro. Es decir, la información que se obtiene de los alumnos proviene de respuestas de compromiso que ofrece el alumno sobre un contenido que no conoce.

Por el contrario, trabajos realizados por Vautrey et al. (1987) sobre un contenido significativo como es el de horizontalidad y verticalidad ofrecen información novedosa y cualitativamente diferente.

Los ejemplos anteriores sirven también para ilustrar que el problema no sólo reside en la significación del contenido que queremos investigar, sino también en el modo de sacar información al alumno. Así, se hace necesario plantear cuestiones abiertas que permitan acomodarse a diferentes niveles cognoscitivos de los sujetos a investigar. Esto conlleva plantear la siguiente cuestión:

b) *¿Qué factores se deberían tener en cuenta en las situaciones o fenómenos físicos que se eligen para identificar las concepciones que tienen los alumnos acerca de un determinado contenido?*

Las respuestas del sujeto son sensibles a determinados factores que se ponen en juego en los problemas planteados y que se deberían controlar, tales como el contexto (Osborne et al. 1990), los aspectos figurativos (Fernández y Jiménez 1990), las variables físicas (Marín 1990), etc. Todo ello, obliga a presentar una mínima variedad de situaciones que permitan entrever qué parte de la respuesta del alumno está mediatizada por estos factores.

Por ejemplo, en un estudio sobre la tercera ley de Newton, Boley y Maloney (1989),

se hace intervenir un buen número de factores sobre la interacción existente entre dos bloques enlazados, controlando el aspecto figurativo como su tamaño y otros de carácter físico como el modo de generar las acciones (empujar o tirar), sus efectos, el movimiento uniforme o acelerado, cambios de un plano horizontal a otro inclinado, etc. Los autores obtuvieron una información donde se puede ponderar la influencia de los distintos factores.

No obstante, se quiere destacar que el contenido, los sucesos o fenómenos físicos que se presenten a los sujetos, el tipo de preguntas, etc. van a depender de lo que el investigador busque bajo el término de concepción.

c) *¿Qué se busca bajo el término de concepción del alumno?*

La concepción la configura el investigador a partir de las regularidades encontradas en las respuestas de los alumnos, en base a preguntas realizadas sobre sucesos o fenómenos físicos planteados. Por otro lado, es lógico pensar que dichas respuestas se han generado por una combinación de los elementos cognoscitivos del sujeto, algunos de los cuales han sido determinados por la Epistemología Genética (p.e. las operaciones mentales, Piaget 1977b). Ahora bien, dichos elementos no se deben confundir con la concepción, pues los primeros forman parte de la estructura cognoscitiva, mientras la segunda debe ser un producto de la interrelación entre los elementos que la integran.

Lo anterior implica un cambio en la metodología de investigación de las concepciones, pues el interés va a radicar además de en su identificación y descripción, en la interpretación acerca de cómo se producen o generan.

d) *¿Cómo interpretar la concepción?*

Al no existir un contexto teórico adecuado que se deduzca de la Filosofía de la Ciencia, que permita interpretar las concepciones de los alumnos, y el hecho de aceptar que las concepciones son un producto de la interrelación entre los elementos de la estructura cognoscitiva, nos ha llevado a utilizar parte del contexto teórico que ofrece la Epistemología Genética, por ser ésta una teoría construida en base a datos ofrecidos por el propio alumno.

Por ejemplo, se sabe que la noción de fuerza se genera en el niño a partir de la noción indiferenciada de acción (Piaget 1973b) y evoluciona por diferenciaciones y coordinaciones de caracteres inicialmente no diferenciados (Piaget 1973a, p. 70). En el nivel preoperatorio, tanto la *masa* como el *movimiento* poseen

fuerza y es después de ser diferenciados cuando es posible una síntesis que desemboca en la expresión formal de $f=ma$.

Según lo anterior, no debemos quedarnos con la idea de que «el sujeto no detecta la fuerza de reacción» o que «sólo aprecia las fuerzas cuando se ven sus efectos», que al fin y al cabo son manifestaciones sobre lo que desconoce el alumno. Deberíamos tomar más información sobre cómo utiliza el sujeto en sus explicaciones sus concepciones preoperatorias, formadas por la interiorización de ciertos esquemas de acción que, en definitiva, es algo propio del conocimiento de éste. Es desde esta perspectiva donde se podrían interpretar más adecuadamente sus respuestas.

Para finalizar, queremos señalar que, a pesar de las inconsistencias aquí planteadas, desde la terminología, metodología de investigación y forma de interpretación de las concepciones, desde el entramado conceptual de la Filosofía de la Ciencia, se ha generado una extensa bibliografía válida que ha ayudado, junto a otras investigaciones realizadas bajo otros supuestos teóricos, a:

- Mejorar la comunicación entre los profesores y alumnos durante el desarrollo del acto didáctico (Driver 1989).
- Realizar nuevos diseños de enseñanza (Osborne y Freyberg 1985, Posner et al., 1982, Nussbaum y Novick 1981, entre otros).
- Generar una nueva perspectiva sobre el aprendizaje (Driver y Oldhan 1985, Glaser y Bassok 1989, entre otros).
- Ayudar a conocer mejor los procesos de aprendizaje.
- Servir de guía para la investigación educativa, incluso si se trabaja en un contexto externo a los procesos cognitivos.
- Ayudar al profesor a interpretar los sucesos que tienen lugar en el aula, especialmente en la toma de decisiones.

Con este trabajo hemos querido poner de manifiesto, igual que otros autores (López Rupérez 1990), la necesidad de realizar una reflexión teórica respecto al paradigma educativo que ha surgido de la Filosofía de la Ciencia, en la tradición del cambio conceptual y el de la Psicología Genética, que dé lugar a un nuevo programa de investigación más fructífero y mejor fundamentado teóricamente.

Referencias bibliográficas

Abimbola, I.O., 1988. The problem of terminology in the study of student conceptions in Science. *Science Education*, 72(2), pp. 175-184.

Benarroch, A. y Marín, N., 1991. *La presencia de las aportaciones piagetianas en los trabajos posteriores sobre concepciones*. Comunicación presentada a los XII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Oviedo.

Boyle, R. y Maloney, D., 1989. Effect of written text on usage of Newton's third law. *Research in Science Teaching*, 16(2), pp. 123-139.

Brown, D., 1989. Student's concept of force: the importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, 24, pp. 353-358.

Brook, A., Briggs, H. y Driver, R., 1984. Aspects of secondary students understanding of the particulate nature of matter. *Children's Learning in Science Project*, Centre for Studies in Science and Mathematics Education. (Universidad de Leeds: Leeds).

Carmichael, P., Driver, R., Holding, B., Phillips, I., Twigger, D. y Watts, M., 1990. *Research on Students' Conceptions in Science: a Bibliography*. CSSME. (University of Leeds: Leeds).

Clement, J., 1982. Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal Physics*, 50 (1), pp. 66-71.

Clough, E.E. y Driver, R., 1986. A Study of Consistency in the Use of Students' Conceptual Frameworks Across Different Task Contexts. *Science Education*, 70(4), pp. 473-496.

Confrey, J., 1990. A Review of the Research on Student Conceptions in Mathematics, Science and Programming, en Cazden, C. (eds.), *Review of Research in Education*. American Education Research Association. Michigan State University, pp. 3-56.

Crisculo, G. F., 1987. ¿Pueden interpretarse las preconcepciones a la luz de las teorías del aprendizaje?. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), pp. 231-234.

Dow, W.H., Auld, J. y Wilson, D., 1978. *Pupils' concepts of gases, liquids and solids. An investigation into the teaching of the particulate nature of matter*. Dundee College of Education.

Driver, R. y Oldham, V., 1985. *A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science*. Paper pre-

pared for the Symposium Personal Construction of Meaning in Educational Settings. BERA, Sheffield.

Driver, R., 1986. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-16

Driver, R. et al., 1989. *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. (Morata/MEC: Madrid).

Driver, R., 1989. Students conceptions and the learning of science. *Int. J. Sci. Educ.*, 11. Special Issue, pp. 481-490.

Fernández González, M. y Jiménez Gómez, E., 1991. *El concepto de metal. Nociones previas en alumnos de 8º de EGB*. XI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. EU del Profesorado (Burgos). Universidad de Valladolid, pp. 147-158.

Gamble, R., 1989. Force. *Physics Education*, 24(2), pp. 79-82.

Gilbert, J., Watts, D. y Osborne, R., 1982. Students conceptions of ideas in mechanics. *Physics Education*, 17(2), pp. 62-66.

Giordan, A. y Vecchi, G., 1988. *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. (Diada Editoras: Sevilla). (Trad. cast. Les orígenes du savoir. Delachaux y Niestlé S.S. París. 1987).

Glaser, R. y Bassok, M., 1989. Learning Theory and the Study of Instruction. *Ann. Rev. Psychol.*, 40, pp. 631-666.

Gunstone, R., 1989. A comment on the problem of terminology in the Study of Student Conceptions in Science. *Science Education*, 73(6), pp. 643-647.

Hashweh, M., 1988. Descriptive Studies of Students conceptions in Sciences. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(2), pp. 121-134.

Hierrezuelo y Montero, 1988. *La Ciencia de los alumnos*. (Laia/MEC: Barcelona).

Kuhn, T.S. 1981. *La estructura de las revoluciones científicas*. (Fondo de Cultura Económica: Madrid).

López Rupérez, 1990. Epistemología y Didáctica de las Ciencias. Un análisis de segundo orden. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), pp. 65-74

Llorens, J.A., 1988. La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. *Investigación en la Escuela*, 4, pp. 33-49.

Maloney, D.P., 1984. Rule-governed approaches to physics: Newton's third law. *Physics Education*, 19, pp. 37-42.

- Marín, N., 1990. *Implicaciones didácticas de una interpretación relativista de los estadios piagetianos*. X Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Ciudad Real, pp. 251-259.
- Marton, F., 1981. Phenomenography-Describing Conceptions of the World Around us, *Instructional Science*, 10, pp. 177-200.
- Millar, R., 1989. Constructive Criticisms, *Int. J. Sci. Educ.*, 11. Special Issue, pp. 587-596.
- Novick, S. y Nussbaum, J., 1978. Junior high school pupils understanding of the particulate nature of matter: an interview study, *Science Education*, 62, pp. 273-281
- Nussbaum, J. y Novick, S., 1981. Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study, *School Science Review*, 221, p. 62.
- Osborne, J. y Black, P., 1990. *Primary space science processes and concept exploration project*. Liverpool University press, p. 28.
- Osborne, R. y Fryberg, P., 1985. *Learning in Science. The implication of children's science*. (Heinemann: Londres).
- Osborne, R.J. y Schollum, B.W., 1983. Coping in Chemistry, *Australian Science Teachers Journal*, 29(1), pp. 13-24.
- Pfundt, H., 1981. Is the atom the final link in the division process or the first building block?, *Chimica didactica*, 7, pp. 75-94
- Piaget, J., 1946. *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*. (PUF: París).
- Piaget, J., 1973a. *Las explicaciones causales*. (Barral: Barcelona).
- Piaget, J. et al. 1973b. *La formation de la notion de force*. (PUF: París).
- Piaget, J., 1975. *La composición de la fuerza y el problema de los vectores*. (Morata: Madrid).
- Piaget, J., 1977a. *Epistemología genética*. (Solpin: Argentina).
- Piaget, J., 1977b. *Lógica y psicología*. (Solpin: Argentina).
- Piaget, J., Inhelder, B. y Szeminska, A., 1948. *La géométrie spontanée*. (PUF: París).
- Piaget, J. e Inhelder, N., 1982. *El desarrollo de las cantidades en el niño*. (Hogar del Libro: Barcelona).
- Posner et al., 1982. Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change, *Science Education*, 66, pp. 211-227.
- Pozo, J.A., Sanz, A., Gómez Crespo, M.A. y Limón, M., 1991. Las ideas de los alumnos sobre la Ciencia: una interpretación desde la Psicología Cognitiva, *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 83-94.
- Strike, K. y Posner, G., 1990. A revisionist theory of conceptual change, en Duschl, R. y Hamilton, R. (eds.), *Phylosophy of Science Cognitive Science and Educational Theory and Practice*. (Albany: Nueva York).
- Terry, C. y Jones, G., 1986. Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change, *European Journal Science Education*, 8(3), pp. 291-298.
- Vautey, Alemai y Martinad, 1987. Horizontalité et verticalité a l'école primaire, *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 690, pp. 81-111.
- Viennot, L., 1979. *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. (Hermann: París).
- Viennot, L., 1985. Analysing students reasoning in science: A pragmatic view of theoretical problems, *Eur. J. Sci. Educ.*, 7(2), pp.151-162.
- Watts, D. y Zylbersztajn, A., 1981. A survey of some children's ideas about force, *Physics Education*, 16, pp. 360-365.