



Los errores conceptuales como origen de un nuevo modelo didáctico: de la búsqueda a la investigación

Daniel Gil Pérez
Escola de Magisteri de Lleida
Universitat Autònoma de Barcelona

Introducción: Los errores conceptuales como síntoma

Una de las líneas de investigación más fecundas que se ha desarrollado a lo largo de la última década en el campo de la didáctica de las ciencias, es, sin duda -como muestra la abundante bibliografía (Osborne y Wittrock 1983)- la iniciada en torno al estudio de los graves errores conceptuales cometidos por estudiantes de cualquier nivel.

Esta investigación, en primer lugar, ha puesto en evidencia la escasa efectividad de una enseñanza de las ciencias incapaz de lograr la comprensión de conceptos fundamentales y reiteradamente enseñados. Ello ha producido una mayor atención al proceso de enseñanza/aprendizaje y la investigación ha derivado así desde el estudio de los errores conceptuales a sus causas, con la constatación de que los alumnos poseen ideas intuitivas espontáneas -preconceptos o, más precisamente, verdaderos esquemas conceptuales-difícilmente desplazables por los conocimientos científicos enseñados en la escuela.

Driver (1985) se ha referido a distintos abordajes de estas ideas intuitivas, designadas como *schemata* por Champagne et Al (1983), *teorías ingenuas* por Caramazza et Al (1981), *ciencia de los niños* por Osborne, Bell y Gilbert (1983) o *esquemas conceptuales alternativos* por Watts (1982) o la propia Driver (Driver y Easley 1978).

Es preciso referirse aquí también a algunos

precedentes que, con notable antelación, llamaron la atención sobre la *Prehistoria del aprendizaje* (Vigotsky 1973) o se refirieron a la existencia de *barreras epistemológicas*, es decir, al hecho de que, a menudo, «se conoce contra un conocimiento anterior» (Bachelard 1938). Y es necesario no olvidar tampoco los trabajos de Piaget (1971), que plantean el rastreo del origen psicológico de las nociones hasta sus estadios precientíficos, o de Ausubel (1978), que llega hasta afirmar: «si yo tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría éste: averigüese lo que el alumno ya sabe y enséñese consecuentemente». Sin embargo, como señalan Driver (1985) u Osborne y Wittrock (1985) y evidencia la literatura publicada, es a mediados de los años setenta cuando esta línea de investigación comienza a desarrollarse plenamente, gracias al impacto de algunos trabajos como la tesis doctoral de Viennot (1976).

La mayoría de los estudios realizados en campos muy diversos, aunque muy particularmente en mecánica (McDermott, 1984), coinciden básicamente en la caracterización de los conocimientos previos de los estudiantes:

- parecen dotados de cierta coherencia interna.
- son comunes a estudiantes de diferentes medios y edades.
- presentan cierta semejanza con concepciones que estuvieron vigentes a lo largo de la historia del pensamiento (Clement 1983) y
- son persistentes, es decir, no se modifican

fácilmente mediante la enseñanza habitual, incluso reiterada.

Y aunque se deba salir al paso de la suposición de que todas las dificultades que los alumnos tienen para comprender, por ejemplo, la mecánica newtoniana, procedan de la existencia de estos esquemas conceptuales alternativos (White 1983, Driver 1985), resulta indudable que los estudios realizados en este campo han supuesto, como ya hemos apuntado, una seria llamada de atención sobre la ineficacia de la enseñanza habitual de las ciencias y la necesidad de un replanteamiento fundamentado de la misma.

El cambio conceptual: una nueva concepción del aprendizaje de las ciencias

El principal interés de las investigaciones sobre esquemas conceptuales alternativos de los alumnos no reside, por supuesto, en el conocimiento detallado de cuales son sus pre-conceptos en cada campo, aun cuando dicho conocimiento aparezca hoy imprescindible para un correcto planteamiento de las situaciones concretas de aprendizaje. La fecundidad de esta línea de investigación está asociada, sobre todo, a la elaboración de un nuevo modelo de aprendizaje de las ciencias. También aquí podemos referirnos a trabajos inicialmente independientes pero convergentes en sus conclusiones e insertos en una misma orientación que podemos designar como *constructivismo*. Resulta fácil, en efecto, establecer las semejanzas entre la visión constructivista, tal como es expuesta por Driver (1985) y el modelo de aprendizaje generativo (Generative Learning Model) de Osborne y Wittrock (1985). Así, para Driver, las principales características de la visión constructivista -que ella contempla como superación, en cierto modo, de las concepciones piagetianas sobre el desarrollo en etapas y de la tradición behaviorista- serían:

- Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia.
- Encontrar sentido supone establecer relaciones (los conocimientos que pueden conservarse permanentemente en la memoria no son hechos aislados, sino aquéllos muy estructurados y que se interrelacionan de múltiples formas.

- Quien aprende construye activamente significados.

- Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje.

Por su parte, Osborne y Wittrock (1985) sitúan su modelo de aprendizaje generativo dentro de la tradición constructivista, con una mención expresa a la influencia de Piaget (Kamii y Devries 1983) y una referencia particular a las ideas constructivistas de Kelli (Pope y Gilbert 1983) (Claxton 1984), basadas en la similitud del pensamiento ordinario de una persona con el proceso de elaboración de las teorías científicas.

Para Osborne y Wittrock, esta similitud está también apoyada en la mayor comprensión de la naturaleza de la investigación científica alcanzada gracias a los trabajos de Khun, Lakatos, Popper, Feyerabend,... que han mostrado, en particular, la importancia de las ideas existentes en un momento dado sobre las investigaciones que se realizan.

Particular influencia en el replanteamiento de la enseñanza de las ciencias está ejerciendo la propuesta de considerar el aprendizaje como un *cambio conceptual* (Posner, Strike, Hewson y Gertzog 1982), fundamentada también en un cierto paralelismo entre el desarrollo conceptual de un individuo y la evolución histórica de los conocimientos científicos. Según esto, el aprendizaje significativo de las ciencias constituye una actividad racional semejante a la investigación científica y sus resultados -el cambio conceptual puede contemplarse como el equivalente de -siguiendo la terminología de Khun (1978)- un cambio de paradigma.

A partir de las ideas de Toulmin (1972) sobre filosofía de la ciencia. Posner et Al identifican cuatro condiciones para que tenga lugar el cambio conceptual:

1. Es preciso que se produzca insatisfacción con los conceptos existentes.
2. Ha de existir una concepción mínimamente inteligible que
3. debe llegar a ser plausible, aunque inicialmente contradiga las ideas previas del alumno y
4. Ha de ser potencialmente fructífera, dando explicación a las anomalías encontradas y abriendo nuevas áreas de investigación.

Aunque la referencia explícita a la idea de cambio conceptual sólo aparezca en el trabajo de Posner et Al, puede constatarse la induda-

ble semejanza de las propuestas avanzadas para un replanteamiento del aprendizaje de las ciencias con características similares a la propia investigación científica.

Por nuestra parte, una cuidadosa consideración de las características básicas del trabajo científico a la luz de las orientaciones epistemológicas actuales, nos ha permitido alcanzar conclusiones semejantes: «Se dibuja así con toda claridad el paralelismo entre los paradigmas teóricos y su desarrollo -incluidos los periodos de crisis o cambios de paradigmas- y los esquemas conceptuales de los alumnos y su desarrollo, incluidas las reestructuraciones profundas, los cambios conceptuales, lo que supone un primer e importante apoyo al paradigma didáctico que proponemos en este trabajo...» (Gil 1983).

La idea de aprendizaje como investigación parece así afirmarse y generalizarse. De hecho, las continuas referencias en la literatura al aprendizaje por descubrimiento, parecen evidenciar un amplio consenso a este respecto. Sin embargo, como trataremos de mostrar en el apartado siguiente, dicho consenso encierra confusión y serios peligros.

La Investigación en la Escuela: una actividad no natural

Como varios autores han apuntado, los cambios conceptuales que parece exigir el aprendizaje de las ciencias *no* resultan fáciles de lograr, incluso cuando se toman en consideración los preconceptos (Fredette y Lochhead 1981) (Driver 1985).

En nuestra opinión (Gil y Carrascosa 1985) ello puede entenderse como una consecuencia del paralelismo existente entre la evolución histórica de la ciencia y la formación de las concepciones intuitivas de los alumnos. En efectos, si los alumnos tienen una visión de, por ejemplo, el comportamiento mecánico de la materia, similar al paradigma aristotélico/escolástico, no puede ser simple casualidad, sino el resultado de idénticas causas: concretamente, la tendencia a generalizar acríticamente en base a observaciones cualitativas no controladas -puesta de relieve por Piaget (1969) en el comportamiento de los niños- que conduce a «evidencias de sentido común». Esta forma de abordar los problemas, que hemos

denominado «metodología de la superficialidad» (Carrascosa y Gil 1985), está también presente en la física pregalileana, conocida justamente como «Física del sentido común» (Holton y Roller 1963). Esta es la forma de pensamiento que conduce, por ejemplo, a Aristóteles, a escribir: «Un peso dado cubre una cierta altura en un tiempo dado; un peso mayor cubre la misma altura en menos tiempo, estando los tiempos en proporción inversa a los pesos. Así, si un peso es doble que otro, tardará la mitad de tiempo en un movimiento dado» (De Caelo). Y no debe olvidarse que las concepciones aristotélico/escolásticas sólo pudieron ser desplazadas -después de siglos de vigencia- gracias a un *cambio metodológico* nada fácil, que vino a superar la seguridad en las evidencias de sentido común, introduciendo una forma de pensamiento a la vez más creativa y más rigurosa; una metodología que obligaba a imaginar nuevas posibilidades a título de hipótesis (poniendo en cuestión lo obvio) y a someter dichas hipótesis a contrasatación en condiciones controladas. Cabe esperar, pues, que igual ocurra con los alumnos: sólo si son puestos reiteradamente en situación de aplicar la nueva metodología -es decir, en situación de plantear problemas precisos, de emitir hipótesis a la luz de sus conocimientos previos, de diseñar experimentos, de analizar cuidadosamente los resultados viendo como afectan al esquema conceptual de partida-..., podrán llegar a superar la «metodología de la superficialidad» haciendo posible los profundos cambios conceptuales que la adquisición de los conocimientos científicos exige. Dicho de otra manera: la principal dificultad para una correcta adquisición de conocimientos científicos no residiría en la existencia de los esquemas conceptuales alternativos o concepciones intuitivas, sino en la metodología de la superficialidad que está en su origen.

El nuevo modelo didáctico debería, pues, enfocar el aprendizaje, no sólo como cambio conceptual, sino como *cambio conceptual y metodológico* (Gil y Carrascosa 1985). Es preciso, a este respecto, insistir en las dificultades que entraña la superación de la «metodología de la superficialidad», típica del pensamiento precientífico (Carrascosa y Gil 1985) y las implicaciones didácticas que se derivan.

En primer lugar, insistimos, lo que hoy denominamos metodología científica supuso históricamente un cambio drástico en la forma

de abordar los problemas, una verdadera revolución. No puede, pues, concebirse que el manejo de esta metodología por los alumnos pueda darse sin un profundo cambio metodológico que afecte a hábitos muy enraizados, fruto de la forma de abordar las situaciones en la vida cotidiana. La investigación *no es* y no puede considerarse una actividad «natural», sino, por el contrario, la ruptura -necesaria pero difícil- con formas connaturales de pensamiento.

Por otra parte, conviene llamar la atención sobre la necesidad de plantear la familiarización con la metodología científica como un objetivo explícito pero no autónomo, sino íntimamente ligado a la adquisición significativa de conocimientos. En efecto, como hemos intentado justificar, sin cambio metodológico no puede haber cambio conceptual, pero por otra parte, los procesos científicos sólo tiene sentido en el marco de esquemas conceptuales (o paradigmas teóricos) como punto de partida y término; sin atención a los contenidos -o con tratamientos puntuales, desligados, de los mismos- la metodología científica queda desvirtuada, no es tal. Al afirmar esto descalificamos como investigación a actividades a menudo planteadas en la enseñanza como tales pero que en absoluto responden a las características del trabajo científico. Nos referimos concretamente a la tradición representada por el llamado aprendizaje por descubrimiento inductivo y autónomo (Gil 1983), cuyos resultados, muy negativos, han sido repetidamente denunciados (Ausubel 1978) (Hodson 1985).

Así, pues, la prioridad casi exclusiva que la enseñanza por transmisión de conocimientos pone en los contenidos o que el aprendizaje por descubrimiento inductivo pone en los procesos científicos (unos procesos de los que suelen estar ausentes los aspectos de pensamiento divergente, lo que empobrece y desvirtúa totalmente lo que es el trabajo científico), no permite ni siquiera alcanzar los objetivos parciales que se marcan. Sólo un planteamiento del aprendizaje de las ciencias, orientado, a la vez, como cambio conceptual y metodológico, permitiría una adquisición significativa de conocimientos.

Conviene detenerse en la consideración de las dificultades que plantea este cambio metodológico. Como Hodson (1985) ha mostrado en una cuidadosa evaluación de las relaciones entre las características del trabajo científico

y la imagen que proporciona la enseñanza de las ciencias, esta imagen desvirtúa profundamente lo que puede entenderse por investigación. Y ello no sólo cuando los planteamientos vienen marcados, como ocurre muy frecuentemente, por un inductivismo que poco o nada tiene que ver con la forma como trabajan los científicos, sino también incluso cuando se intenta seguir un planteamiento hipotético/deductivo, pero se deja creer a los alumnos que la cuestión de la aceptación/ rechazo de una teoría depende de experimentos aislados o de escasos resultados como los que pueden obtenerse en un laboratorio escolar. Es preciso superar estas visiones simplistas: el papel de los experimentos es crucial, pero una teoría científica no se abandona hasta que hay muy clara evidencia en contra y/o una concepción alternativa. Las mismas dificultades presenta la modificación de los esquemas conceptuales de los alumnos, que sólo puede ser el resultado de un largo proceso que debe plantearse, además, en el momento oportuno. Abordaremos este aspecto en el siguiente apartado.

Búsqueda e investigación: una distinción necesaria

La preocupación creciente por el fracaso de la escuela en lograr que los alumnos adquieran habilidades científicas, ha conducido a muchos educadores a iniciar más y más pronto el entrenamiento en el trabajo científico, llegándose, como señalan Colub y Kolen (1976) a plantear el aprendizaje por descubrimiento incluso en preescolar. A menudo ello se asocia a los intentos, sin duda necesarios, de superar una enseñanza por transmisión de conocimientos que dificulta, en este nivel más que en cualquier otro, la actividad creativa y progresiva autonomía del niño. Pero este intento de introducir la metodología científica en los primeros niveles, supone implícitamente considerar, o bien que las formas ordinarias de pensamiento son negativas -por lo que convendría evitarlas o erradicarlas cuanto antes- o bien que no hay diferencias substanciales entre pensamiento ordinario y pensamiento científico.

Digamos en primer lugar que de ningún modo puede aceptarse que el pensamiento ordinario sea algo negativo. Ni los esquemas

conceptuales «alternativos» de los alumnos ni la «física del sentido común» merecen dicha consideración. Por el contrario, se trata de construcciones dotadas de una indudable coherencia, capaces de explicar buen número de situaciones, etc. (Driver 1985). No debe olvidarse a este respecto, tanto la larga vigencia del paradigma aristotélico (¡durante casi veinte siglos!) como la persistencia de las ideas intuitivas de los alumnos. Por supuesto, la «metodología de la superficialidad» que está en el origen de estas construcciones carece de la potencia de la metodología científica; pero supone una indudable conquista del pensamiento humano, que se muestra así capaz de realizar predicciones, generalizar observaciones, elaborar conjeturas explicativas, etc. El progreso que ello significa puede comprenderse si se tiene en cuenta hasta que punto este pensamiento racional, que trata de explicar y encontrar sentido en lo que ocurre, contrasta con las concepciones mágicas típicas de sociedades más primitivas o del mismo pensamiento infantil.

En el extremo opuesto encontramos a quienes no establecen diferencias entre las formas cotidianas de abordar los problemas y la actividad científica. Ya hemos hecho referencia a las ideas de Kelly (Pope y Keen 1981) para quien el planteamiento de problemas, la experimentación, la revisión y modificación de las ideas como consecuencia de la falsación de hipótesis, etc., que constituyen aspectos básicos de la teorización científica, caracterizan también el comportamiento ordinario de las personas, cuando se enfrentan a un problema práctico. Pero, aun reconociendo, como acabamos de hacer, el valor de la forma de pensamiento ordinario, no es posible ignorar sus diferencias con la metodología científica, que ya hemos puesto de relieve al referirnos a la metodología de la superficialidad.

Desde este punto de vista no tiene sentido plantear el aprendizaje de niños muy jóvenes como investigación. Por el contrario, tanto los trabajos de epistemología genética (Piaget 1970) como la consideración de la evolución histórica del pensamiento humano, apuntan a la conveniencia de favorecer, en una primera fase, la forma de pensamiento típica de la vida ordinaria, fruto de la multiplicidad de actividades, del abordaje de problemas prácticos y preguntas que los mismos niños se plantean. Este enfoque, que Kamii y Devries designan como

conocimiento físico «subraya, pues, la iniciativa de los niños, sus acciones sobre los objetos y su observación de la retroalimentación procedente de los objetos (...) De esta forma el aprendizaje en el enfoque de conocimiento físico siempre queda enraizado en el desarrollo natural del niño» (Kamii y Devries 1983). Ciertamente es que así terminaran pensando (y sintiendo!) que, por ejemplo, el movimiento está asociado a fuerzas, lo que constituye -desde el punto de vista de la ciencia- una auténtica barrera epistemológica que obligará a un profundo cambio conceptual; pero el inconveniente que ello supondrá en el futuro es irrelevante frente a lo que significa el desarrollo así logrado, que se vería impedido por un intento de ahorrar la actitud infantil a formas de comportamiento más rigurosas, menos espontáneas.

Puede, pues, decirse, que los mismos argumentos que recomiendan la introducción de la metodología científica en cierto momento del desarrollo de los alumnos, recomiendan también, en toda una larga etapa inicial, un tipo de actividad más espontánea, más libre y próxima a la forma de abordar los problemas en la vida cotidiana, que podemos designar *actividad de búsqueda*.

Se respeta así un desarrollo más natural y acorde con la propia evolución cultural de nuestra sociedad, en la que la investigación científica ha estado precedida por largos siglos de un trabajo con las características de lo que hemos denominado actividades de búsqueda, y del que la «física del sentido común» fue un resultado paradigmático.

No se trata, pues, de iniciar a los niños en tareas de investigación. Tras esta propuesta hay, o bien una profunda desvirtuación y trivialización de lo que constituye el trabajo científico, o bien el olvido de los prerrequisitos que dicho trabajo exige en los individuos. Por el contrario, se trata de favorecer, en una primera fase, una actitud de búsqueda que, en su momento, exigirá la ruptura, el cambio conceptual y metodológico.

Lo que si resulta común a ambas fases es la necesidad de un nuevo estilo didáctico que supere una enseñanza/aprendizaje de transmisión/asimilación de conocimientos. Ya nos hemos referido a esto al hablar de enseñanza como investigación. Kamii y Devries (1983) insisten también en ello al referirse a la actividad de búsqueda -que ellos designan como «de

conocimiento físico»- en preescolar: «el niño construye el conocimiento al actuar sobre los objetos y las personas y no al tener un maestro que introduce, o expone conceptos ya hechos».

Este nuevo modelo didáctico no puede, sin embargo, concebirse como algo uniforme, aplicable por igual desde preescolar a la enseñanza superior, sino como un modelo dinámico con, al menos, dos fases bien definidas: una fase en la que se favorece un aprendizaje basado en actividades de búsqueda, a partir de problemas prácticos que conduzcan a acciones sobre los objetos para producir efectos deseados, realizando predicciones, estableciendo comparaciones, intentando progresivamente explicar los «cómo» y los «por qué», etc. (Kamii y Devries 1983). Y una segunda fase de entronización de la metodología científica como forma de actividad a la vez más creativa y más rigurosa, que pone en cuestión las certezas del sentido común, imaginando nuevas posibilidades a título de hipótesis y sometiendo dichas hipótesis a contrastación en condiciones controladas. La distinción entre búsqueda e investigación se convierte así en un elemento esencial del nuevo modelo didáctico.

Conclusiones y perspectivas

El estudio de los «errores conceptuales» ha conducido, como hemos visto, a poner en cuestión la enseñanza de las ciencias impartida en los niveles superiores: tanto la denominada tradicional o de transmisión de conocimientos elaborados, como la designada, impropriamente, como «de descubrimiento» (inductivo y autónomo). Se ha contribuido así a clarificar el proceso de aprendizaje de las ciencias y a plantear la necesidad de su reorientación en una perspectiva de cambio conceptual y metodológico. Los mismos posicionamientos teóricos elaborados en este proceso han permitido también comprender mejor la naturaleza del aprendizaje en las primeras etapas, en las que conviene favorecer una actividad de búsqueda, centrada en problemas prácticos, sin duda menos rigurosa, pero más flexible y adaptada a las posibilidades de desarrollo del niño. Se dibuja así un modelo didáctico coherente en su fundamentación, aunque, es preciso insistir, no uniforme.

Quedan, sin duda, buen número de problemas pendientes, que exigirán profundización y clarificación. Nos limitaremos, para terminar, a enumerar alguno de ellos que nos parecen particularmente relevantes:

En primer lugar aparece la necesidad de proseguir la concreción y ensayo reiterado del modelo en el campo de las ciencias, donde ha surgido y está más desarrollado. En particular es preciso clarificar hasta cuando conviene favorecer actividades de búsqueda y cómo y cuándo ha de iniciarse el cambio conceptual y metodológico.

Otros problemas a abordar son los que plantea la posible extensión del modelo a los demás campos del aprendizaje, o la cuestión de como se contemplan otros objetivos además de los cognoscitivos.

Nos referiremos, por último, al problema de una formación del profesorado que haga posible la aplicación del modelo lo que obliga a plantearse, por ejemplo, desde la superación de visiones muy pobres y desvirtuadas de qué entender por metodología científica y su distinción de las actividades de búsqueda, hasta la concreción de cual puede ser el papel del profesor en ambas situaciones de aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AUSUBEL, D.P., 1978, *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. (Trillas: México)
- BACHELARD, G., 1938, *La formation de l'esprit scientifique* (Vrin: Paris).
- CARAMAZZA, A., McCLOSKEY, M. y GREEN, B., 1981, Naive beliefs in «sophisticated» subjects: misconceptions about trajectories of objects, *Cognition*, 9, 117-123.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D., 1985, La «metodología de la superficialitat» i l'aprenentatge de les ciències, *Ensenyanza de las Ciencias*, vol. 3, pp. 113-120.
- CHAMPAGNE, A., GUNSTONE, R. y KLOPFER, L., 1983, Effecting changes in cognitive structures amongst physics students. Artículo presentado en el simposio Stability and change in Conceptual Understanding, annual meeting of the American Association, Montreal.
- CLAXTON, G.L., 1984, Teaching and acquiring scientific knowledge. En Keen, T. y Pope, M. (eds.) *Kelly in the Classroom: Educational Application of Personal Construct Psychology* (Cybersystem: Montreal).
- CLEMENT, J., 1983, Student alternative conceptions in mechanics: a coherent system of preconceptions. In Helm H. y Novak J. (eds.) *Proceedings of the International Seminar «Misconceptions in Science and Mathematics»* (Ythaca N.Y. Cornell University).
- COLUB M. y KOLEN C., 1976, Evaluation of a Piagetian Kindergarten Program. Artículo presentado en el

- sexto simposio anual de la Jean Piaget Society (Philadelphia, junio 1976).
- DRIVER, R., 1985, Cognitive Psychology and Pupils' Frameworks in Mechanics, *The many Faces of Teaching and Learning Mechanics*, proceedings of 1984 GIREP Conference on Physics Education, Utrecht., pp. 171-198.
- DRIVER R. y EASLEY J., 1978, Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students, *Studies in Science Education*, vol. 5, pp. 61-84.
- FREDETTE N. y LOCHHEAD, J., 1981, Students conceptions of electric current, *The Physics Teacher*, vol. 18, pp. 194-198.
- GIL, D., 1983, Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 1, pp. 26-33.
- GIL, D., y CARRASCOSA, J., 1985, Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, vol 7, n° 3 (en prensa).
- HODSON, D., 1985, Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- HOLTON, G., y ROLLER, D., 1963, *Fundamentos de la Física Moderna* (Reverté: Barcelona).
- KAMII, C. y DEVRIES, R., 1983, *El conocimiento físico en la educación preescolar. Implicaciones de la Teoría de Piaget* (Siglo XXI: Madrid).
- KHUN, TH.S., 1971, *La estructura de las revoluciones científicas* (Fondo de Cultura Económica: México).
- LANGEVIN, P., 1926, La valeur éducative de l'histoire des sciences, *Bulletin de la Société Française de Pédagogie*, 22, decembre 1926.
- McDERMONT, L.C. 1984, Critical Review of Research in the Domain of Mechanics, *Research on Physics Education* (Editions du CNRS: Paris).
- OSBORNE R.J., BELL B.F. y GILBERT, J.K., 1983, Science teaching and children's views of the world, *European journal of Science Education*, 5, 1-14.
- OSBORNE, R. y WITTROCK, M., 1985, The Generative Learning Model and its implications for Science Education, *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- PIAGET, J., 1969, *Psicología y Pedagogía* (Ariel: Barcelona).
- PIAGET, J., 1970, *La epistemología genética* (Redondo: Barcelona).
- PIAGET, J., 1971, *Psicología y Epistemología*. (Ariel: Barcelona).
- POPE M. L. Y GILBERT, J., 1983, Personal experience and the construction of knowledge in science, *Science Education*, 67, 193-203.
- POPE, M.L. y KEEN, T.R., 1981, *Personal construct psychology and education* (Academic Press: Londres).
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A., 1982, Accomodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change, *Science Education*, 66, pp. 211-227.
- TOULMIN, S., 1967, *La comprensión humana. I: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. (Alianza: Madrid).
- VIENNOT, L., 1976, *Le Raisonnement Spontané en Dynamique Élémentaire*, Tesis Doctoral. Université Paris 7. (Publicada en 1979 por Herman: Paris).
- VIGOTSKY, L.S., 1973, Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar. En *Psicología y Pedagogía* (Akal: Madrid).
- WATTS, D.M., 1982, Gravity- don't take it for granted, *Physics Education*, 17, 116-121.
- WHITE, B., 1983, Sources of difficulty in understanding Newtonian dynamics, *Cognitive Science*, 7, 41.